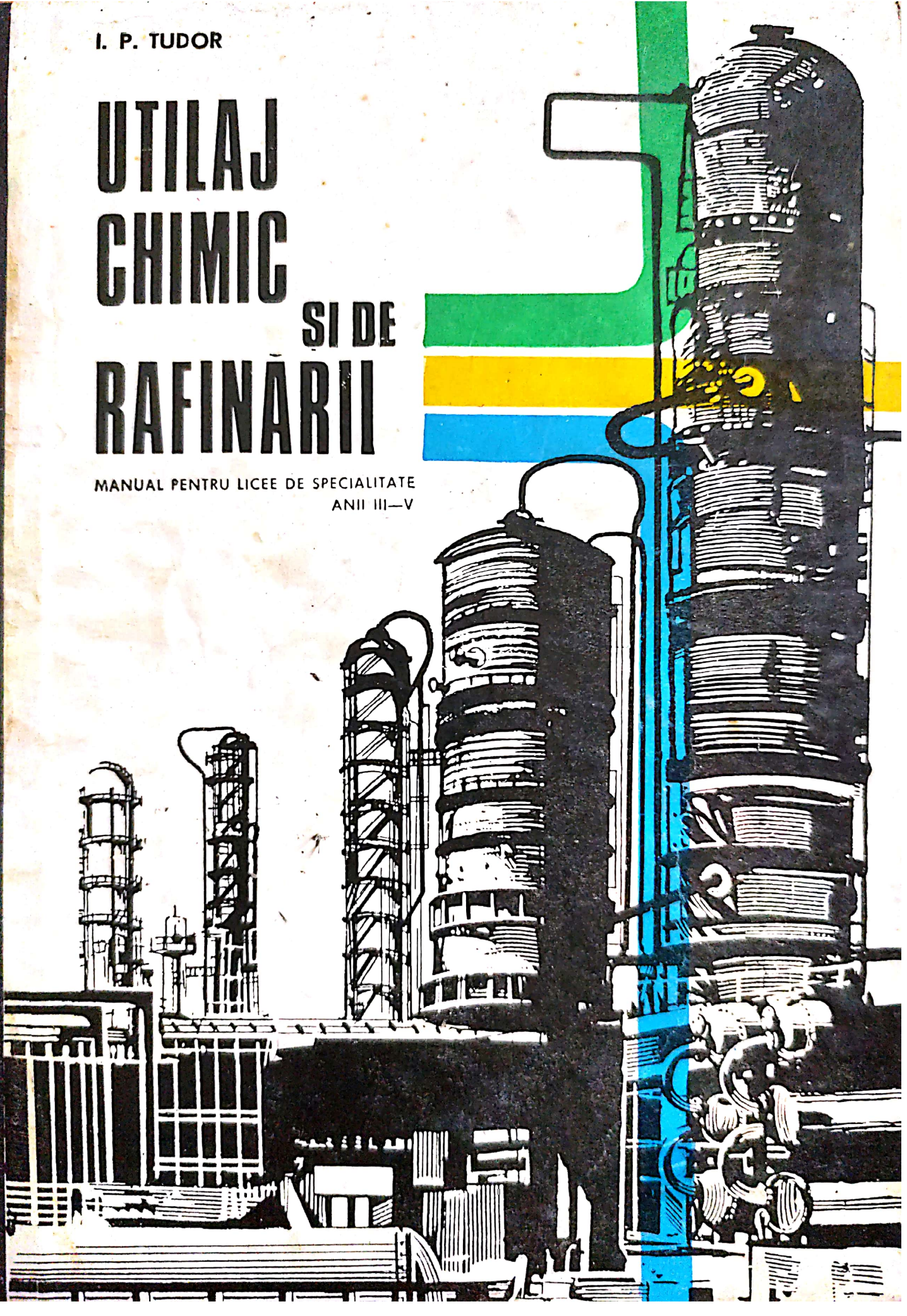
I. P. TUDOR

UTILAJ CHIMIC ȘI DE RAFINĂRII

MANUAL PENTRU LICEE DE SPECIALITATE
ANII III—V



Ing. TUDOR IONEL PETRE

UTILAJ CHIMIC ȘI DE RAFINĂRII

MANUAL PENTRU
LICEE DE SPECIALITATE
ANUL III-V

EDITURA DIDACTICĂ ȘI PEDAGOGICĂ
BUCUREȘTI

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul I MATERIALE FOLOSITE ÎN CONSTRUCȚIA UTILAJULUI DIN INDUSTRIA CHIMICĂ ȘI RAFINĂRII

A. MATERIALE FOLOSITE ÎN CONSTRUCȚIA UTILAJULUI. CLASIFICAREA, CARACTERIZAREA ȘI DOMENIUL DE UTILIZARE ALE MATERIALELOR

1. Generalități

Utilajul din rafinăriile de petrol și industria chimică, constă din aparate mașini și instalații.

Utilaj — ansamblul uneltelor, aparatelor, instrumentelor, mașinilor de, lucru etc. necesare unei anumite lucrări, grupate într-o unitate industrială sau care sînt folosite într-o ramură industrială ;

Aparat — sistem tehnic construit din elemente cel puțin în parte solide, imobile sau și mobile care permit efectuarea unei operații, dirijarea energiei sau transformarea ei statică dintr-o formă în alta ;

Mașină — sistem tehnic alcătuit din corpuri solide, cu mișcări relative determinate, servind la transformarea unei forme oarecare de energie în lucru mecanic util, sau la transformarea unei forme de energie, în altă formă de energie, dintre care una este energie mecanică ;

Instalație — ansamblul de construcții de mașini, mecanisme, instrumente etc., montat în scopul executării unei anumite funcțiuni și operații. Instalațiile pot fi fixe sau mobile, permanente sau temporare. Utilajele se execută din diverse calități de oțel sub formă de table, profile, țevi, piese turnate, forjate, matrițate, trase, piese turnate din fontă, metale și aliaje neferoase sub formă laminată sau turnată, materiale plastice etc.

2. Oțelul

Oțelul este aliajul de fier cu maximum 1,7% carbon și care poate să conțină și alte elemente de aliere (mangan, siliciu, crom, nichel, molibden, vanadiu, titan etc.).

Oțelurile se pot clasifica după calitatea lor și tipul semifabricatului în :

Scanned with OKEN Scanner

a. Oțelurile carbon obișnuite

Oțelurile carbon laminate (cu simbolul OL) sau turnate (cu simbolul OT), sînt materialele cele mai des utilizate. Se folosesc la construcția utilajelor cu presiuni pînă la 16 kgf/cm² și temperaturi cuprinse între −10°C și +200°C. Ele pot fi calmate, semicalmate sau necalmate. Oțelurile calmate se obțin prin introducerea în lingotiere a unor elemente cu afinitate mai mare pentru oxigen decît fierul (mangan, siliciu, aluminiu și calciu) care descompun oxidul feros, dînd oxizi ce nu reacționează cu fierul și care pot fi îndepărtați din baia metalică o dată cu zgura.

Oțelurile necalmate conțin oxid de fier care reacționează cu carbonul și producînd oxidul de carbon, provoacă fierberea oțelului în lingotieră și forme.

Prin dezoxidare se produce liniștirea sa, sau calmarea.

Oțelul calmat este lipsit de sufluri și mai omogen.

În cazul cînd calmarea este parțială, se obțin oțeluri semicalmate.

Din oțel carbon obișnuit se fac mantale, funduri și suporturi de recipiente, guri de vizitare, flanșe, șuruburi, prezoane, construcțiile metalice ale cuptoarelor tubulare, rezervoare, plăci tubulare, șicane, agitatoare, piese pentru pompe și compresoare etc.

b. Oțelurile carbon de calitate (simbol OLC) și oțelurile carbon superioare (simbol OLCX)

Acestea se utilizează pentru confecționarea de piese supuse tratamentului de îmbunătățire pentru a se ridica caracteristicile de rezistență mecanică sau cementare pentru a se mări rezistența la uzură.

Din aceste oțeluri se execută piese pentru pompe, compresoare, agitatoare, corpuri pentru aparate sub presiune, flanșe, șuruburi, prezoane și piulițe etc.

c. Oțelurile carbon laminate în table groase pentru cazane de abur sau recipiente sub presiune (simbol OLK)

Acestea sînt oțeluri cu conținut redus de carbon, folosite pentru execuția mantalelor și a altor piese care se asamblează prin sudură și sînt supuse temperaturii și chiar acțiunii directe a focului.

d. Oțelurile aliate și aliate superioare pentru construcții de mașini

Se folosesc la fabricarea pieselor solicitate la eforturi deosebite, la temperaturi ridicate însă în medii necorosive, pentru amestecătoare, pompe, ventilatoare, robinete etc.

Scanned with OKEN Scanner

Oțelurile pentru arcuri, sînt tot oțeluri aliate folosite în mod exclusiv pentru executarea arcurilor de diferite tipuri.

Oțelurile aliate pentru construcții sub formă de table sau platbande se utilizează pentru construcțiile metalice ale cuptoarelor din rafinării și a altor construcții metalice deosebit de solicitate.

e. Oțelurile rezistente la coroziune și oțelurile refractare

Ele sînt oțeluri aliate cu crom (unele și cu nichel, molibden) care se folosesc pentru execuția pieselor ce lucrează în medii corozive și la temperatură ridicată.

Oțelul refractar se caracterizează prin rezistența la oxidare la temperaturi mai mari de 580°C.

Aceste oțeluri se folosesc pentru mantale, funduri, țevi și tot felul de armături care vin în contact cu medii corosive ca acizii : clorhidric, azotic, sulfuric, medii cu sulf, baze etc., lucrînd la temperaturi ridicate de 600°C pînă la 900°C.

f. Oțelurile pentru țevi

Țevile se fabrică din *oțeluri carbon pentru țevi* (simbol OLT), din *oțeluri aliate pentru țevi* (simbol OAT) sau din oțeluri rezistente la coroziune. Țevile se folosesc în cantități mari în industria chimică și de rafinării pentru : conducte de transport, conducte tehnologice, fasciculele tubulare ale schimbătoarelor de căldură, tuburile cuptoarelor din rafinării, construcții metalice etc.

g. Oțelurile turnate

Oțelurile turnate se folosesc pentru piese cu configurații complicate cum sînt : corpurile de pompă, coturile de întoarcere, corpuri de armături și fitinguri, suporturile tubulaturii din cuptoarele tubulare etc.

Din punct de vedere al calității, oțelurile turnate se pot împărți în :

Oțeluri carbon turnate în piese, folosite pentru temperaturi pînă la 250°C.

Oțeluri aliate pentru construcții de mașini turnate în piese, folosite pentru temperaturi pînă la circa 550°C ;

Oțeluri aliate refractare și rezistente la agenții chimici, turnate în piese, folosite pentru temperaturi pînă la 1 100°C.

3. Fonta

Fonta este aliajul fier-carbon cu conţinut în carbon mai mare decît 1,7%.

În construcţia de aparatură fonta se utilizează sub formă de piese turnate ca armături, fitinguri, capace, corpuri de pompe, talere etc.

După calitate, se deosebesc următoarele tipuri de fonte:

a. Fontele cenuşii

Fontele cenuşii au utilizarea cea mai largă fiind folosite pentru piese cu temperaturi pînă la 250°C şi care nu sînt supuse la şocuri dinamice (corpuri de robinete, armături, capace de aparate etc.).

b. Fontele maleabile

Acestea se utilizează pentru piese mai importante la pompe, armături, lucrînd la temperaturi pînă la 250°C şi presiuni pînă la 16 kgf/cm².

c. Fontele refractare

Din acestea se toarnă piese care lucrează la temperaturi între 400°C şi 1 000°C cum sînt: ţevi recuperatoare, şubăre, grătare, piese de sprijin etc.

4. Metalele şi aliajele neferoase

a. Aluminiul

Aluminiul se utilizează pentru temperaturi sub 200°C, fiind rezistent la acţiunea agresivă a acidului azotic concentrat, acidului acetic, acidului fosforic, acidului clorhidric, la combinaţiile sulfului etc.

Rezistenţa lui chimică se datoreşte proprietăţii de a forma o peliculă puternică de protecţie din oxizi.

Îmbinările nedemontabile ale tablelor de aluminiu se vor executa numai prin sudură. Lipiturile nu dau rezultate bune datorită formării oxizilor şi sînt uşor corodabile.

Scanned with OKEN Scanner

b. Cuprul

Cuprul are o bună conductibilitate electrică și termică și se folosește în industria chimică și rafinării pentru aparatura ce lucrează între −196°C și +256°C.

Cuprul rezistă bine la soluțiile alcaline.

c. Plumbul

Plumbul rezistă bine la temperaturi pînă la 140°C și la acțiunea acidului sulfuric diluat și sărurilor acestuia.

Rezistența mecanică mică a plumbului face ca el să fie utilizat în special ca material de căptușire a aparatului de oțel.

d. Titanul

Este un metal cu greutate specifică de două ori mai mică decît oțelul și cu o rezistență comparabilă cu aceea a oțelului. Este foarte rezistent la acțiunea acidului azotic și a apei regale în fierbere la orice concentrații, la acțiunea nitraților, clorurilor, sulfurilor, acidului fosforic, acizilor organici ca acidul acetic și ureea etc.

Fiind de zece ori mai scump decît oțelurile anticorosive, se utilizează numai pentru căptușiri sau placări.

e. Tantalul

Tantalul este deosebit de rezistent față de acțiunea acidului clorhidric în fierbere, de orice concentrație, apa regală, acidul fosforic, acidul azotic, acidul sulfuric etc.

Are o mare rezistență și se prelucrează ușor la cald și la rece. În schimb se sudează greu.

f. Alamele

Acestea sînt aliajele cuprului cu zincul. Au proprietăți mecanice mai ridicate decît cuprul și se utilizează sub formă de bucșe pentru lagăre și robinete etc. și sub formă de țevi pentru schimbătoare de căldură, avînd un coeficient de transmitere a căldurii mai mare decît oțelul.

Scanned with OKEN Scanner

g. Bronzurile cu cositor

Acestea sînt cele mai obişnuite şi se utilizează pentru piuliţe la armături, coroane la roţile melcate, carcase şi rotoare de pompe centrifuge. Au calităţi superioare de antifricţiune şi nu dau scîntei la lovirea cu alte metale.

h. Bronzurile cu aluminiu

Bronzurile cu aluminiu au rezistenţe mecanice mai ridicate decît bronzurile cu cositor dar au proprietăţi de antifricţiune mai scăzute. Se utilizează pentru roţi dinţate, roţi de fricţiune, angrenaje cu melc şi ca piese componente ale utilajelor supuse unor coroziuni şi eroziuni puternice.

5. Materialele plastice

Materialele plastice sînt rezistente la coroziune şi pot înlocui metalele şi aliajele neferoase scumpe şi deficitare.

Materialele plastice se împart în două grupe :

a. Termoplastice

Sînt materialele care se înmoaie la anumite temperaturi putînd lua diferite forme, apoi prin răcire se întăresc ; nu-şi pierd însă proprietatea de a se înmuia sub acţiunea căldurii.

b. Termorezistente

Sînt materialele care prin încălzire la început se înmoaie şi se topesc iar prin încălzirea în continuare pînă la o anumită temperatură se durifică, fără a se mai putea înmuia. Acestea se utilizează în construcţia aparatelor chimice şi de rafinării sub formă de :

Fenoplaste (faolit, grafol, textolit) care sînt stabile la acţiunea acizilor slabi, a bazelor slabe şi a acizilor concentraţi neoxidanţi. Nu rezistă la acidul sulfuric şi azotic şi baze concentrate.

Faolitul se foloseşte la căptuşirea aparatelor din oţel, a armăturilor ventilatoarelor şi pentru confecţionarea de recipiente, vase, conducte etc.

Policlorura de vinil (PCV) se foloseşte sub formă de plăci şi tuburi. La încălzire (între 100 şi 160°C) se înmoaie şi prin presare se realizează piese

cu centrifugația dorită (fitinguri). Permite asamblarea prin sudură. Este rezistentă la acțiunea acizilor neoxidanți și a bazelor. Se utilizează pentru temperaturi pînă la 35°C pentru recipiente rezistente la coroziune, garnituri etc.

Polietilena este un material semitransparent, cu o înaltă rezistență chimică la temperatura obișnuită sau scăzută. Formează acoperiri foarte bune prin stropire pe metal fierbinte.

Materialele plastice armate cu fibre de sticlă sînt rășini poliesterice sau epoxidice, cărora li se mărește mult rezistența mecanică prin armare cu fibre de sticlă.

Se utilizează pentru construcția de utilaje chimice de dimensiuni mari: rezervoare, cisterne auto, coloane. Rezistă bine la acțiunea solvenților organici (benzină, acetat de etil, metanol, butanol) și acizilor sulfuric și clorhidric reci.

Fluoroplastul (Teflonul) este un material alb, semitransparent, bun izolator și cu rezistență termică înaltă, putînd lucra între minus 200°C și plus 250°C.

Are o rezistență chimică deosebit de bună, chiar față de bazele puternice, acidul sulfuric etc.

Se folosește sub formă de plăci, țevi, membrane și mai ales garnituri. Se utilizează ca lagăre de fund la amestecătoare verticale unde lucrează în contact cu medii agresive. Deși este scump, calitățile sale fac ca să fie totuși convenabilă utilizarea lui, lungind timpul dintre două reparații și scurtînd timpul de nefuncționare a utilajului.

6. Cauciucul

Cauciucul vulcanizat (cu 2 pînă la 4% sulf) posedă o bună rezistență chimică și la eroziune pentru temperaturi pînă la 80°C. Se utilizează pentru cauciucarea utilajelor destinate depozitării acizilor și bazelor puternice etc.

Cauciucul vulcanizat rezistent în medii petroliere este standardizat și se utilizează pentru garnituri folosite pentru medii petroliere.

Ebonita se obține prin vulcanizarea cauciucului cu 25 pînă la 40% sulf și este dură. Se folosește pentru căptușirea la interior a utilajelor (ebonitare), executarea de corpuri de pompă și de armături etc.

7. Azbestul și materiale pe bază de azbest

Azbestul este un material care rezistă bine la temperatură și este un bun izolator termic.

Se utilizează sub formă de:

— *plăci de azbest* servind la izolarea materialelor de gaze fierbinți;

— *șnururi de azbest grafitat*, folosite pentru etanșările arborilor în rotație care lucrează la temperatură ;

— *clingheritul* este un material fabricat din fibre de azbest și cauciuc care rezistă la temperaturi și presiuni înalte.

Se fabrică sub formă de foi, din care se execută apoi garnituri de etanșare.

Clingheritul rezistă bine la acțiunea fracțiilor petroliere, uleiurilor, acizilor și bazelor slabe și la temperaturi pînă la 450°C.

B. FACTORII CARE DETERMINĂ ALEGEREA MATERIALELOR

Aparatura și utilajele dintr-o instalație sînt supuse solicitărilor mecanice și acțiunii oxidante sau corosive a mediului.

Crearea de utilaje cu caracteristici tehnico-mecanice ridicate se poate face numai cunoscînd cei doi factori care determină alegerea materialelor :

— factorii care depind de condițiile de lucru ;
— factorii care depind de proprietățile materialelor.

1. Factorii care depind de condițiile de lucru

a. Temperatura

Aceasta face ca proprietățile materialelor să se modifice. Temperatura ridicată micșorează rezistența la rupere, limita de curgere, limita de fluaj etc.

Se recomandă ca diferitele materiale să nu depășească următoarele temperaturi în exploatare :

— oțelurile carbon de calitate	max. 360°C
— oțelurile slab aliate	max. 400°C
— oțelurile aliate pentru construcții (austenitice)	max. 500°C
— oțelurile carbon turnate	max. 250°C
— oțelurie aliate pentru construcții turnate	max. 550°C
— fonte	max. 250°C
— cupru	max. 200°C
— aluminiu	max. 150°C

Pentru temperaturi mai ridicate este necesară folosirea oțelurilor și fontelor refractare.

Scanned with OKEN Scanner

b. **Presiunea**

Aceasta poate acționa asupra aparatelor ca :
– presiune manometrică, care se măsoară cu manometrul :
– vid, care se măsoară cu vacuummetrul ;
– presiune hidrostatică, care este presiunea datorită coloanei de lichid din aparat.

Toate aceste tipuri de presiuni se măsoară în kgf/cm².

c. **Proprietățile chimice ale mediilor tehnologice**

Mediile tehnologice pot fi neutre sau pot avea acțiune corosivă asupra materialului aparatelor ; de aceea este necesar să se aleagă materiale rezistente la coroziune în cazul acestor medii.

d. **Acțiunea atmosferei**

Acțiunea atmosferei asupra utilajelor montate sub cerul liber se manifestă sub forma :
– sarcinilor eoliene datorită vîntului ;
– eroziunii.

e. **Durata proceselor tehnologice**

f. **Concentrația mediilor tehnologice**

2. Factorii care depind de material

a. **Caracteristicile fizico-mecanice ale materialelor**

Dintre acestea cele mai importante sînt :
– rezistența la rupere σ_r ;
– limita de curgere σ_c ;
– limita de deformare remanentă de 0,2%, $\sigma_{0,2}$;
– alungirea materialului, respectiv lungirea specifică ;

Scanned with OKEN Scanner

– rezilienţa KCU, la temperatura mediului sau la temperaturi sub 0°C;
– limita de fluaj σ_f;
– gîtuirea specifică Ψ etc.

b. Proprietăţile tehnologice ale materialelor

Materialele îşi pot modifica unele proprietăţi ca urmare a:

– *ecruisării*, prin care cresc eforturile unitare (limita de curgere σ_c, limita de deformare remanentă $\sigma_{0,2}$) şi scad proprietăţile de plasticitate ale metalului (rezilienţa KCU);

– *tratamentelor termice* care se aplică materialelor spre a îmbunătăţi anumite caracteristici.

C. INFLUENŢA TEMPERATURII ASUPRA COMPORTĂRII MATERIALELOR SUB SARCINĂ

Încercările uzuale ale materialelor se fac la temperatura de 20°C. Curbele caracteristice determinate prin aceste încercări rămîn practic aceleaşi la metale pentru variaţiile de temperatură atmosferice.

Într-o serie de utilaje din industria chimică şi rafinării, metalele sînt supuse acţiunii temperaturilor ridicate (cuptoare tubulare, reactoare, pompe pentru produse calde etc.) pe cînd maşinile frigorifice realizează temperaturi foarte joase.

1. Influenţa temperaturilor înalte

Cercetarea materialelor la temperaturi ridicate se realizează prin:

– încercări la întindere de scurtă durată;
– încercări la întindere (de lungă durată) de fluaj.

a. Caracteristicile fizico-mecanice la temperatură ridicată obţinute prin încercări de scurtă durată la întindere

Încercările de scurtă durată la întindere ale oţelurilor la temperaturi ridicate, executate asemănător cu cele la temperaturi normale, arată că proprietăţile mecanice variază sensibil cu temperatura:

— rezistența la rupere, crește, avînd un maximum între 200 și 300°C și coboară apoi începînd de la 400°C sub valoarea de la temperatura normală ;

— limitele de curgere și proporționalitate și modulul de elasticitate scad ;

— gîtuirea specifică și lungirea specifică scad la început, avînd un minimum între 200 și 300°C, după care cresc ;

— coeficientul lui Poisson μ suferă o creștere ușoară.

Variația acestor caracteristici cu temperatura este reprezentată în figura 1.

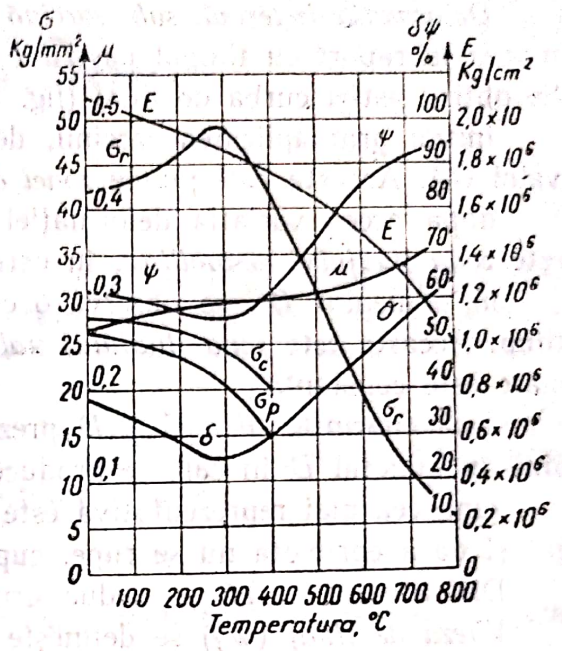


Fig. 1 Variația caracteristicilor mecanice ale metalelor în raport cu temperatura.

b. Caracteristicile fizico-mecanice la temperatură ridicată obținute prin încercări de lungă durată la întindere

Sub acțiunea unor sarcini constante în timp și la temperatură ridicată apar deformații remanente. Acest fenomen se numește *fluaj*, sau curgere lentă. Fenomenul apare la eforturi unitare mult mai mici decît limita de curgere. Acest fenomen poate apare de exemplu la îmbinările cu flanșe ale conductelor (cu abur) lucrînd la temperatură ridicată, unde deformațiile elastice de strîngere ale prezoanelor sau șuruburilor, care asigură etanșeitatea, se transformă în timp în deformații plastice, sau au drept urmare faptul că garniturile nu mai sînt strînse și conductele pierd din produs (începe să sufle abur).

Fluajul este proporțional cu temperatura și de aceea se determină prin :

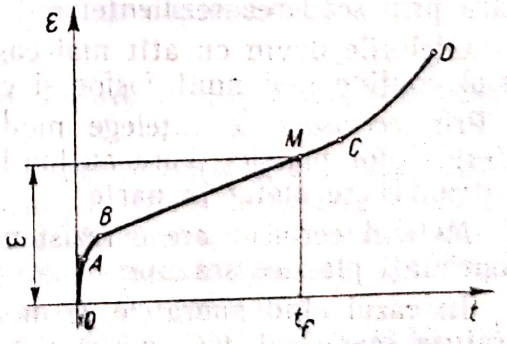


Fig. 2. Curba de fluaj.

Deformația izotermă sub sarcină constantă care indică variația deformației în raport cu timpul păstrînd temperatura și efortul unitar constante. Se obține astfel curba de fluaj (fig. 2), la care se observă :

inițial prin aplicarea sarcinii, deformația crește rapid, linear, pe intervalul *OA*. Aceasta corespunde *zonei deformației elastice statice ;*

după aceea variația deformației se face lent după curba *AB*. Aceasta este *zona fluajului nestabilizat*, în care viteza de deformație scade ;

în domeniul *BC* se observă o creștere ușoară, lineară a deformației în timp. Aceasta este *zona fluajului stabilizat.* În această zonă viteza de deformare este constantă ;

zona cuprinsă între *C* și *D* prezintă o viteză de deformație în creșteri pînă în punctul *D* în care se produce ruperea. Aceasta este *zona* de *rupere* ;

zona cea mai reprezentativă este *BC* deoarece ea durează timp îndelungat și dacă epruveta nu se rupe, cuprinde aproape totalitatea fenomenului ;

Din această curbă se deduc următoarele caracteristici ale fluajului :

Viteza de fluaj (W_f) se definește a fi lungimea specifică într-un interval de timp. Se măsoară în mm/mm·h. Viteza de fluaj admisă în construcția aparaturii pentru industria chimică și rafinării nu trebuie să depășească 10^{-6} mm/mm·h.

Limita de fluaj este valoarea eforturilor unitare cărora le corespunde după o anumită durată de experimentare, fie o viteză de fluaj slabilizat dată, fie o deformație permanentă de valoare prescrisă.

2. Influența temperaturilor scăzute (sub 0°C)

La temperaturi sub 0°C și uneori la o temperatură de cîteva grade peste zero, metalele manifestă proprietatea de rupere la rece, care se caracterizează prin scăderea rezilienței.

Oțelurile devin cu atît mai casante la temperatură scăzută cu cît materialul conține mai mult fosfor și cu cît au un grad de ecruisare mai mare.

Prin *ecruisare* se înțelege modificarea proprietăților mecanice în urma deformațiilor plastice, care au loc la un interval de temperaturi caracteristic pentru fiecare metal în parte.

Metalul ecruisat are o rezistență mai mare, duritate mai accentuată și proprietăți plastice scăzute.

În cazul cînd aparatele se montează sub cerul liber în zone unde temperatura scade sub 0°C, materialele folosite la execuția acestor aparate vor fi supuse probei de reziliență la temperatura minimă de funcționare.

Scanned with OKEN Scanner

D. INFLUENȚA MEDIULUI DE LUCRU ASUPRA COMPORTĂRII MATERIALELOR SUB SARCINĂ

1. Coroziunea

Coroziunea este distrugerea metalelor și aliajelor în urma reacției chimice și electrochimice a mediului înconjurător. Capacitatea metalelor și aliajelor de a se opune distrugerii în urma coroziunii, caracterizează rezistența lor chimică sau anticorosivă.

Capacitatea anticorosivă a metalelor și aliajelor depinde de compoziția și structura lor, precum și de caracterul mediului agresiv, temperatură, presiune, accesul oxigenului, mișcarea soluțiilor și altele.

Coroziunea chimică se manifestă :

— în fază lichidă ;

— în fază gazoasă (coroziunea chimică a metalelor și aliajelor în gaze la temperaturi mari).

La coroziunea chimică, în urma reacției metalului sau a aliajului cu mediul înconjurător, pe suprafața metalului se formează produsele coroziunii sub formă de oxizi, iar la temperaturi înalte sub formă de zgură.

Coroziunea electrochimică se manifestă :

— în fază lichidă ;

— în pojghiță lichidă — coroziunea atmosferică sau umedă (jilavă).

La coroziunea electrochimică, sub acțiunea electrolitului și a diferenței potențialelor electrochimice create, au loc fenomene electrochimice în urma cărora apar în metal sau aliaj procese electrochimice ce dau naștere curentului electric. Atomii metalului își pierd electronii și formează ioni încărcați pozitiv (cationi), care acționînd cu ionii încărcați ai electrolitului (anionii), duc la distrugerea metalului și formarea oxizilor pe suprafața metalului, deci coroziune.

După repartizarea pe suprafață a coroziunii se deosebesc :

coroziunea uniformă pe toată suprafața ;

coroziune locală, concentrată pe porțiuni izolate ale suprafeței sub formă de pete sau puncte ;

coroziune intercristalină, care se dezvoltă pe periferia grăunțelor cristaline ale metalului sau aliajului și rupe legătura metalică interioară existentă între ele, scăzînd astfel proprietățile mecanice ale metalului. Oțelurile inoxidabile înalt aliate cu crom și nichel sînt cele mai expuse la acest tip de coroziune, în special în zonele învecinate cordoanelor de sudură ;

coroziunea selectivă se caracterizează prin faptul că distrugerea atacă numai un singur component al aliajului, reducîndu-i rezistența mecanică și pro-

vocînd distrugerea fabricatului. Acest tip de coroziune este tipic pentru soluțiile solide. De exemplu, la alamă are loc dezincarea care provoacă crăpături fabricatelor.

Determinarea coroziunii se face prin metode calitative și cantitative.

Metodele calitative permit observarea caracterului coroziunii, repartiția produselor coroziunii, modificarea aspectului exterior al suprafeței, structura porțiunilor izolate atacate etc.

Calitativ, coroziunea se determină prin :

– examinarea aspectului epruvetei înainte și după acțiunea mediilor corosive, asupra epruvetei cu ochiul liber sau lupa ;

– examinarea sunetului metalic al epruvetei înainte și după acțiunea mediilor corosive ;

– examinarea epruvetelor cu microscopul-metalograf.

Metodele cantitative cele mai uzuale se bazează pe măsurarea grosimii stratului atacat de coroziune în cursul unui an. Acest indice se exprimă în mm/an.

Metalele și aliajele rezistă în mod diferit față de acțiunea corosivă Această rezistență depinde de stratul de protecție care se formează pe suprafața metalului sau a aliajului în urma reacției chimice sau electro-chimice între metal sau aliaj și mediul înconjurător.

Tabela 1

Clasele de coroziune

Rezistența la coroziune	Viteza de coroziune mm/an	Clasa
I Perfect rezistente	sub 0,001	1
II Foarte rezistente	0,001—0,005	2
	0,005—0,01	3
III Rezistente	0,01—0,05	4
	0,05—0,1	5
IV Relativ rezistente	0,1—0,5	6
	0,5—1,0	7
V Puțin rezistente	1,0—5,0	8
	5,0—10,0	9
VI Nerezistente	peste 10,0	10

Rezistența la coroziune a metalelor se poate clasifica după viteza de coroziune, adică după grosimea de material corodat exprimat în mm/an.

Scanned with OKEN Scanner

2. Acțiunea diferiților agenți corosivi mai des întîlniți, asupra materialelor utilizate la aparate și utilaje din industria chimică și rafinării

a. Sulful și compușii săi

Aceștia sînt cuprinși în țițeiurile sulfuroase și acționează în timpul prelucrării mai ales ca urmare a descompunerii compușilor sulfuroși sub acțiunea temperaturii în :

Hidrogenul sulfurat (H_2S) acționează mai puțin activ sub formă de soluții anhidre și practic nu este agresiv la temperatura normală (20°C) față de majoritatea metalelor : oțel carbon, aluminiu, plumb, zinc. Excepție face cuprul care se corodează.

O cantitate cît mai mică de umiditate îi mărește proprietatea de coroziune.

La temperatură mai ridicată hidrogenul sulfurat fiind gazos acționează mult mai intens.

Hidrogenul sulfurat din produsele petroliere desalinate, la temperaturi sub 250°C și presiuni sub 75 kgf/cm², nu corodează sensibil oțelul carbon care se poate folosi în acest caz.

La temperaturi superioare se vor folosi oțeluri aliate.

Anhidrida sulfuroasă (SO_2) corodează mai slab decît hidrogenul sulfurat însă la temperaturi ridicate corosivitatea ei crește. Peste 300°C oțelul carbon și fonta nu mai pot fi utilizate pentru aparatura în care apare anhidrida sulfuroasă (la instalații de hidroforming, redistilare, după acid sulfuric, instalații de cracare catalitică etc.).

b. Acidul clorhidric (HCl)

Acidul clorhidric apare în instalațiile petroliere ca urmare a hidrolizei sărurilor (clorură de magneziu și de calciu) la temperaturi ridicate, precum și în alte procese tehnologice.

Acidul clorhidric uscat, la temperatura normală, are acțiune corosivă asupra oțelului carbon și a fontei.

La temperaturi ridicate și în special în soluții, acțiunea lui corosivă crește brusc atacînd fonta și oțelul chiar în concentrații scăzute.

c. Acidul sulfuric concentrat

Acidul sulfuric concentrat (peste 75%) are proprietăți oxidante, din care cauză pe suprafața oțelului carbon se formează un strat protector, care apără metalul de distrugere la temperatură normală, dacă stratul protector nu se distruge.

Această proprietate se numește *pasivitatea oțelului* și permite păstrarea acidului sulfuric concentrat în vase din oțel carbon, în timp ce aparatele cu dispozitive de amestecare se corodează rapid.

3. Mijloace de prevenire și combatere a coroziunii

Acțiunea comună a mai multor agenți chimici pot să determine o coroziune rapidă asupra oțelurilor.

Pentru a micșora și contracara acțiunea corosivă a agenților corosivi se iau următoarele măsuri :

a. Deshidratarea și desalinarea țițeiurilor

Prin aceste operații se micșorează corosivitatea hidrogenului sulfurat și a acidului clorhidric care apar prin hidroliză.

b. Introducerea în țiței a unor baze care să neutralizeze acizii din țiței

Bazele ce se introduc sînt : soda caustică, soda calcinată sau amoniacul. Acestea au însă un puternic efect asupra cuprului și aliajelor sale de aceea nu se recomandă în cazul aparatelor care au piese de cupru.

c. Folosirea inhibitorilor

Inhibitorii au proprietatea de a înăbuși procesele coroziunii prin faptul că :

— fixează elementele agresive în soluții neagresive ;
— formează pe metal straturi de protecție, pasive ;
— previne aglomerarea depunerilor agresive.

Scanned with OKEN Scanner

d. **Alierea oțelurilor inoxidabile cu simboluri și titan**

Alierea face ca să se formeze carburi mai stabile și să împiedice coroziunea intercristalină.

4. Eroziunea

Prin eroziune se înțelege uzura conductelor sau a aparatelor metalice datorită frecării fluidelor care circulă prin conducte și aparate de pereții acestora.

Uzura crește mult în cazul cînd fluidele au în suspensie materiale abrazive ca de exemplu nisipul.

Eroziunea se manifestă în special asupra robinetelor, pompelor centrifuge etc.

E. CRITERII DE APRECIERE A REZISTENȚEI MATERIALELOR LUCRÎND SUB SARCINĂ LA DIFERITE TEMPERATURI

Rezistența oțelurilor lucrînd sub sarcină la temperatură este funcție de o serie de factori cum sînt :

- compoziția chimică a materialului ;
- tratamentul termic sau termochimic aplicat ;
- caracteristicile fizico-mecanice și tehnologice ;
- corosivitatea, erozivitatea mediului în care lucrează ;
- sarcinile la care este supus materialul ;
- temperatura și variațiile ei în timp etc.

Acești factori influențează asupra rezistenței materialului în mod diferit și în calcule aceste influențe sînt prinse într-un coeficient de siguranță.

1. Criteriul rezistenței de scurtă durată la temperaturi ridicate

Calculul rezistențelor admisibile la eforturi de scurtă durată la temperatură ridicată se face utilizîndu-se aceleași metode folosite, în cazul temperaturilor obișnuite cu singura deosebire că mărimile de calcul vor fi obținute din curbele trasate (în fig. 1) la temperatura care interesează.

Scanned with OKEN Scanner

2. Criteriul rezistenței de lungă durată la temperaturi ridicate

Stabilirea rezistenței admisibile se determină din condiția ca materialul să reziste un anumit timp, asigurînd astfel utilajului o *durată de serviciu.*

Materialul trebuie ca în cadrul duratei de serviciu să nu depășească *viteza de fluaj*, adică deformația de fluaj să nu depășească anumite valori prescrise după un anumit timp de funcționare. Această condiție se impune prin *limita convențională de fluaj :*

$$\sigma^t_{\varepsilon/\tau}\ [\text{kgf/cm}^2]$$

în care :

t este temperatura de lucru, în °C ;
ε — lungirea specifică remanentă de fluaj admisă, în % ;
τ — durata de serviciu, în h.

Exemplu : $\sigma^{450}_{1/100\,000}$ reprezintă limita convențională de fluaj al unui material ce lucrează la 450°C, cu lungirea specifică de fluaj admisă de 1% pentru o durată de serviciu de 100 000 h.

O altă condiție poate fi *rezistența materialului la durată :* $\sigma^t_{r/\tau}$[kgf/cm²]. În figura 2, această rezistență corespunde punctului *D*.

Exemplu : $\sigma^{450}_{1/100\,000}$ [kgf/cm²] reprezintă rezistența materialului la 450°C și la o durată de serviciu de 100 000 h.

F. CALCULUL REZISTENȚEI ADMISIBILE

1. Rezistența admisibilă

Rezistența admisibilă σ_a, se stabilește în general cu formula generală :

$$\sigma_a = \frac{\sigma^t_{critic}}{c}\ [\text{kgf/cm}^2] \qquad (1)$$

unde :

σ_{critic} este efortul unitar la atingerea căruia materialul la temperatura t se distruge sau se deformează peste limita admisă ;
c — coeficient de siguranță.

Funcție de materialul utilizat și de temperatura de lucru a materialului se iau în considerație valorile :

σ_r^t – rezistența de rupere la întindere la temperatura t (kgf/cm²) ;

σ_c^t – limita de curgere la temperatura t (kgf/cm²) ;

$\sigma_{\varepsilon/r}^t$ – limita convențională de fluaj la temperatura t (kgf/cm²) ;

$\sigma_{r/\tau}^t$ – rezistența de durată la temperatura t (kgf/cm²).

Se va adopta pentru σ_a valoarea cea mai mică care rezultă din formulele :

$$\sigma_a \leqslant \frac{\sigma_r^t}{c_r} \quad [\text{kgf/cm}^2] \tag{2}$$

$$\sigma_a \leqslant \frac{\sigma_c^t}{c_c} \quad [\text{kgf/cm}^2] \tag{3}$$

$$\sigma_a \leqslant \frac{\sigma_{\varepsilon/\tau}^t}{c_f} \quad [\text{kgf/cm}^2] \tag{4}$$

$$\sigma_a \leqslant \frac{\sigma_{r/\tau}^t}{c_d} \quad [\text{kgf/cm}^2] \tag{5}$$

unde :

c_r este coeficientul de siguranță față de rezistența la rupere ;

c_c – coeficientul de siguranță față de limita de curgere ;

c_f – coeficientul de siguranță față de limita de fluaj ;

c_d – coeficientul de siguranță față de rezistența de durată.

Rezistența admisibilă σ_a se calculează în funcție de rezistența la rupere σ_r numai pentru materiale cu plasticitate redusă (fontă), iar pentru oțeluri numai la temperatura mediului ambiant sau pînă la maximum 250°C.

Rezistența admisibilă se calculează în funcție de limita de curgere σ_c a cărei valoare scade constant cu temperatura, pentru temperaturi pînă la 450°C.

Cu cît temperatura este mai înaltă, cu atît alungirea piesei la aceeași sarcină are loc mai repede și deformația nu mai este elastică ci plastică. Limita de curgere încetează să mai fie un criteriu de apreciere a stării tensionale la temperaturi înalte, deoarece în urma deformării continue, materialul se poate distruge din cauza creșterii deformațiilor în timpul unei perioade mai îndelungate.

În cazul temperaturilor înalte (peste 450°C) se pune condiția ca deformațiile remanente în timp datorită fluajului să nu depășească o anumită valoare prescrisă pe baza experienței practice. Alungirile remanente limită

Scanned with OKEN Scanner

admisibilă se iau 1% pentru oțel carbon și 1,5% pentru oțeluri aliate. Aceste valori se pot scrie în cazul duratei de 100 000 h de funcționare, astfel:

$$\sigma^t_{\varepsilon/\tau}=\sigma^t_{1/100\,000}=10^{-7}\ \text{mm/mm}\cdot\text{h respectiv}$$

$$\sigma^t_{1,5/100\,000}=1{,}5\cdot 10^{-7}\ \text{mm/mm}\cdot\text{h}.$$

Pentru temperaturi peste 450°C se poate lua ca bază și limita de rezistență la durată $\sigma^t_{r/\tau}$.

2. Temperatura de calcul

În formulele 2; 3; 4 și 5, rezistențele admisibile sînt funcție de rezistențele calculate pentru o anumită temperatură de calcul.

Temperatura de calcul t, se calculează pentru fiecare recipient în funcție de temperatura de functionare în regim astfel:

Utilaje neizolate și neîncălzite la exterior și țevile schimbătoarelor de de căldură;

$$t=\frac{t_{ext}+t_{int}}{2}\quad [°C] \tag{6}$$

unde:

t_{ext} este temperatura măsurată pe suprafața exterioară;

t_{int} — temperatura măsurată pe suprafața interioară.

Utilaje izolate, neîncălzite la exterior:

$$t=t_{int}\qquad [°C] \tag{7}$$

Utilaje încălzite la exterior cu gaze sau electric:

$$t=t_m+100°C\qquad [°C] \tag{8}$$

unde:

t_m este temperatura medie a peretelui. Adaosul de 100°C s-a considerat pentru eventualitatea unei erori de reglare a încălzirii.

Utilaje încălzite la exterior cu lichide în circulație:

$$t=t_l\qquad [°C] \tag{9}$$

unde:

t_l este temperatura lichidului de încălzire (valoarea maximă).

Scanned with OKEN Scanner

G. COEFICIENŢI DE SIGURANŢĂ ŞI SLĂBIRE

1. Coeficienţi de siguranţă

Coeficienţii de siguranţă intervin în calcule pentru a ţine seama de o serie de factori cum sînt :

— să nu permită solicitărilor accidentale, (de o valoare superioară solicitărilor normale de exploatare), dezvoltate în aparate, să producă avaria acestora ;

— să creeze o rezervă pentru solicitările suplimentare datorită factorilor de formă, factorilor de exploatare etc.

Valorile coeficienţilor de siguranţă se aleg în funcţie de categoria recipientului, condiţiile de exploatare etc.

Categoria recipientului se determină conform tabelei 2.

Tabela 2

Stabilirea categoriei recipientului

Categoria recipientului	Presiunea nominală în kgf/cm²	Temperatura maximă a peretelui în °C
I	51 pînă la 850	pînă la 750
II	51 pînă la 850	pînă la 550
III	51 pînă la 850	pînă la 475
IV	17 pînă la 50	pînă la 350
V	pînă la 16	pînă la 200

Aparatele care lucrează la presiuni sub 0,7 kgf/cm² şi temperaturi sub 200°C nu se consideră a fi aparate sub presiune.

Valoarea coeficienţilor de siguranţă pentru aparatele construite din oţel laminat, sînt reprezentate în tabela 3.

Valoarea coeficienţilor de siguranţă pentru oţeluri turnate se obţin prin majorarea cu 40% a coeficienţilor din tabela 3.

Piesele executate din fontă vor fi calculate cu coeficientul de siguranţă c_r=6 pînă la 8.

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 3

Valorile recomandate coeficientului de siguranță folosite în calculele aparaturii din oțel laminat

Particularități constructive	Condiții de lucru	Presiunea kgf/cm²	Temperatura peretelui °C	Categoria recipientului	Coeficientul de siguranță			
					c_r	c_c	c_f	c_d
Recipiente fără cusături sau sudate, cu găuri consolidate sau fără găuri	neîncălzite	sub 16	între —15 și +200	V	3,5	—	—	—
		între 16 și 50	între —50 și +475	IV și III	3,75	1,7	—	—
		peste 50	între —200 și +700	II și I	4	1,8	1,00	1,05 la 2
	încălzite	sub 16	sub +200	V	3,75	—	—	—
		între 16 și 50	sub +475	IV și III	4	1,8	—	—
		peste 50	sub +700	II și I	4,25	1,9	1,15	1,65 la 2
Recipiente fără cusături sau sudate, cu găuri neconsolidate sau cu găuri cu țevi mandrinate	neîncălzite	sub 16	între —15 și +200	V	3,75	—	—	—
		între 16 și 50	între —50 și +475	IV și III	4	1,8	—	—
		peste 50	sub +700	II și I	4,25	1,9	1,1	1,65 la 2
	încălzite	sub 16	sub +200	V	4	—	—	—
		între 16 și 50	sub +475	IV și III	4	—	—	—
		peste 50	sub +700	II și I	4,25	1,9 2,0	— 1,20	1,65 la 2

Scanned with OKEN Scanner

2. Coeficienți de slăbire ai îmbinărilor sudate

Coeficientul de slăbire al îmbinării sudate este raportul între rezistența peretelui slăbit în secțiunea îmbinată și rezistența peretelui considerat întreg, fără îmbinare:

$$\varphi = \frac{\sigma_{as}}{\sigma_a} \qquad (10)$$

unde:

φ este coeficientul de slăbire (calitate) a sudurii;
σ_a – rezistența admisibilă la întindere;
σ_{as} – rezistența admisibilă la întindere în sudură.

Elementele recipientelor executate prin sudură normală se calculează folosindu-se următorele valori pentru coeficientul φ:

– pentru îmbinările longitudinale sudate cap la cap prin orice sistem de sudură, cu execuția numai dintr-o parte:

$$\varphi = 0{,}7;$$

– pentru toate felurile de suduri cap la cap executate manual și cu completarea rădăcinii:

$$\varphi = 0{,}85;$$

– pentru toate cusăturile transversale sudate cap la cap dintr-o singură parte:

$$\varphi = 0{,}8;$$

– pentru toate felurile de sudură cap la cap care sînt executate numai dintr-o parte, dar prevăzute la piciorul sudurii cu o plăcuță sau inel aplicat pe întreaga lungime a cusăturii:

$$\varphi = 0{,}8;$$

– pentru îmbinările de colț în formă de T cu sudarea pe ambele părți la care este asigurată topirea completă a elementelor asamblate:

$$\varphi = 0{,}85;$$

– pentru îmbinările de colț în formă de L cu muchiile neprelucrate în vederea sudării, la care nu este asigurată topirea completă a elementelor asamblate, precum și la îmbinările suprapuse cu cusături pe ambele fețe:

$$\varphi = 0{,}7.$$

Scanned with OKEN Scanner

Elementele recipientelor executate prin sudură automată sub strat de fondant se calculează folosindu-se următoarele valori pentru coeficientul φ:

– pentru îmbinările sudate cap la cap cu completare la rădăcină (sudate pe ambele părți):

$$\varphi = 1{,}00;$$

– pentru sudurile cap la cap, cu execuția pe o singură parte:

$$\varphi = 0{,}80;$$

– pentru îmbinările de colț în formă de T cu execuția pe ambele părți:

$$\varphi = 1{,}00.$$

3. Coeficienți de transformare pentru rezistențe admisibile diferite de întindere

Calculul rezistenței admisibile la compresiune, încovoiere sau forfecare pentru solicitări statice, se face în funcție de rezistența admisibilă la întindere σ_a afectînd-o cu un coeficient de transformare:

– rezistența admisibilă la compresiune este:

$$\sigma_{ac} = \beta_c \cdot \sigma_a \quad [\text{kgf/cm}^2] \tag{11}$$

unde:

$\beta_c = 1{,}03$ pînă la 1,5 este coeficientul de transformare pentru compresiune;

— rezistența admisibilă la încovoiere este:

$$\sigma_{ai} = \beta_i \cdot \sigma_a \quad [\text{kgf/cm}^2] \tag{12}$$

unde:

$\beta_i = 1{,}05$ pînă la 1,25 este coeficientul de transformare pentru încovoiere;

– rezistența admisibilă la forfecare sau răsucire este:

$$\tau_a = \beta_f \cdot \sigma_a = \beta_r \cdot \sigma_a \quad [\text{kgf/cm}^2] \tag{13}$$

unde:

$\beta_f = \beta_r = 0{,}65$ pînă la 0,75 sînt coeficienți de transformare pentru forfecare respectiv răsucire.

Scanned with OKEN Scanner

Întrebări recapitulative

1. Care este clasificarea și proprietățile diferitelor tipuri de oțeluri ?
2. Ce tipuri de fonte cunoașteți ?
3. Care sînt metalele și aliajele neferoase folosite în construcția utilajelor ?
4. Dar materialele plastice utilizate în construcția de utilaje ?
5. De ce depinde alegerea materialelor ce urmează să fie folosite la construcția utilajelor pentru industria chimică și rafinării ?
6. Cum influențează temperatura asupra comportării materialelor utilizate pentru construcția utilajelor ?
7. Cum influențează mediul de lucru asupra comportării materialelor sub sarcină ? Cite feluri de coroziune cunoașteți ?
8. Care sînt mijloacele de prevenire și combatere a coroziunii ?
9. Care sînt criteriile de apreciere a rezistenței materialelor care lucrează sub sarcină la diferite temperaturi ?
10. Ce factori intră în calculul rezistențelor admisibile ?
11. Ce coeficienți de siguranță și slăbire cunoașteti ?

Scanned with OKEN Scanner

NOȚIUNI DE MONTAREA ȘI RECONDIȚIONAREA UTILAJULUI

A. METODE DE ASAMBLARE

Aparatele și utilajele se execută din părți componente care se asamblează cu ajutorul unor organe de asamblare.

După posibilitățile de demontare organele de asamblare se pot împărți în două grupe:

— asamblări demontabile, la care părțile componente se pot demonta complet, fără distrugerea organelor de asamblare;

— asamblări nedemontabile, la care părțile componente nu se pot demonta decît prin distrugerea organului de asamblare.

Grupa asamblărilor demontabile cuprinde: asamblările prin șuruburi, prin pene, pe con, prin strîngere.

Grupa asamblărilor nedemontabile cuprinde: asamblările prin nituire, prin mandrinare și prin sudură.

1. Asamblări demontabile

a. Asamblările prin șuruburi

Asamblările prin șuruburi sînt supuse atît eforturilor axiale cît și transversale (fig. 3).

Montarea asamblărilor filetate comportă următoarele operații:

— pregătirea pentru montare care constă în verificarea suprafețelor de așezare (este necesar să fie netede și paralele) și verificarea filetului șuruburilor și a piulițelor prin examinarea exterioară sau prin înșurubarea fără ungere a șurubului în piuliță;

— execurarea găurilor pentru șuruburi;

— montarea șuruburilor;

— strîngerea piulițelor care trebuie făcută pînă la refuz și cu aceeași forță de strîngere. Capetele șuruburilor trebuie să iasă deasupra piulițelor cu cel puțin două spire;

Scanned with OKEN Scanner

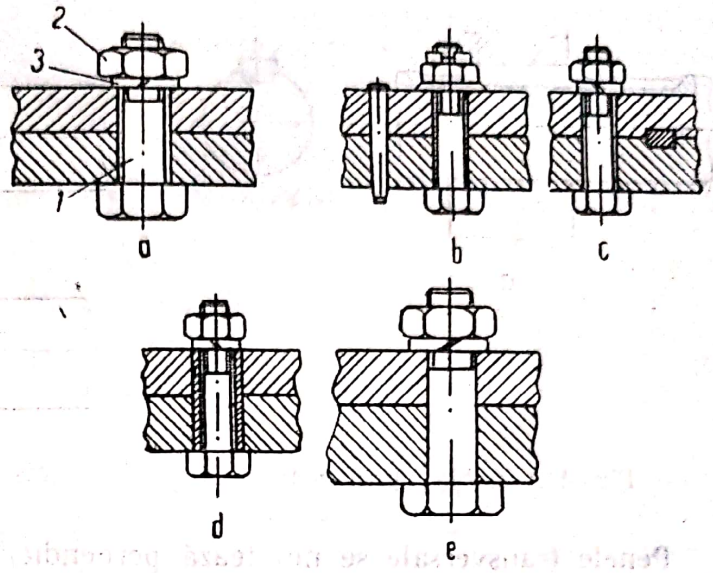


Fig. 3. Asamblări prin șuruburi :

a — îmbinare solicitată numai la efort axial : *1* — șurub ; *2* — piuliță ; *3* — inel de siguranță ; *b* — îmbinare cu șurub și știft solicitată la eforturi axiale și transversale ; *c* — îmbinare cu șurub și pană ; *d* — îmbinare cu șurub și bucșă ; *e* — îmbinare cu șurub păsuit.

— asigurarea, împotriva deșurubării, cu șaibe de siguranță, inele de siguranță, contrapiulițe sau șplinturi la piulițele crenelate.

b. Asamblările prin pene

Asamblările prin pene asigură transmiterea momentelor de răsucire de la arbore la butucul roților și invers.

Forma lor este paralelipipedică sau prismatică, avînd o mică teșire sau rotunjire a muchiilor, cu scopul de a putea fi introduse mai ușor în canalele pentru pană și a evita concentrarea de tensiuni la colțuri.

După orientarea axei geometrice longitudinale a penei, în raport cu axa longitudinală comună a organelor care se asamblează, penele se împart în două grupe distincte : pene longitudinale și pene transversale.

Penele longitudinale au axa paralelă cu axa arborelui în care se montează. Ele servesc pentru montarea pe arbori (împănare) a organelor rotitoare ca : roți dințate, volante, roți de transmisie etc.

După modul în care se realizează asamblarea și după forma lor se întîlnesc următoarele tipuri de pene longitudinale :

a) Pene înclinate (de strîngere fig. 4, *a*) asigură o fixare rigidă a butucului pe arbore și au fața superioară înclinată cu 1 : 100. se montează în canalul pentru pană prelucrat în arbore și prin batere intră și în canalul pentru pană al butucului.

b) Pene paralele (de antrenare fig. 4, *b*). Aceste pene au fețele opuse paralele, se montează fără strîngere și permit deplasarea butucului pe arbore cînd este necesar.

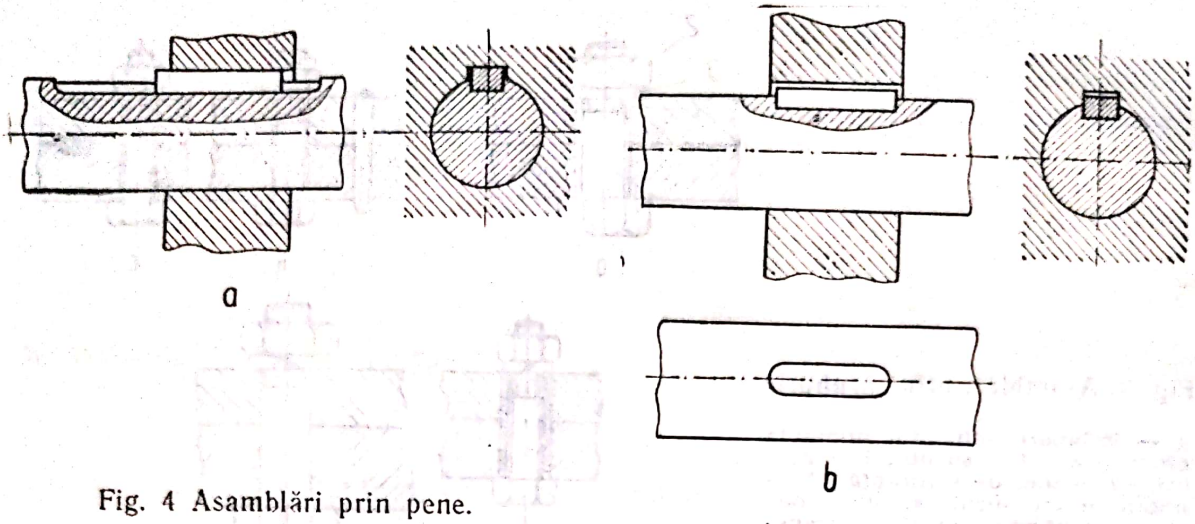


Fig. 4 Asamblări prin pene.

Penele transversale se montează perpendicular pe axa comună a arborelui și butucului.

Se utilizează pentru a lega rigid un arbore cu o piesă masivă cînd este necesară o montare rigidă și o demontare rapidă.

c. Asamblările pe con

Sînt acele asamblări la care suprafețele în contact sînt suprafețe conice. Ele se utilizează la fixarea pe arbori a șaibelor, cuplajelor, pinioanelor etc. (de exemplu, la cuplajul elastic cu bolțuri fig. 5). Acest tip de cuplaj prezintă avantajul că centrarea se poate face foarte precis, excluzînd posibilitatea asamblării incorecte a pieselor.

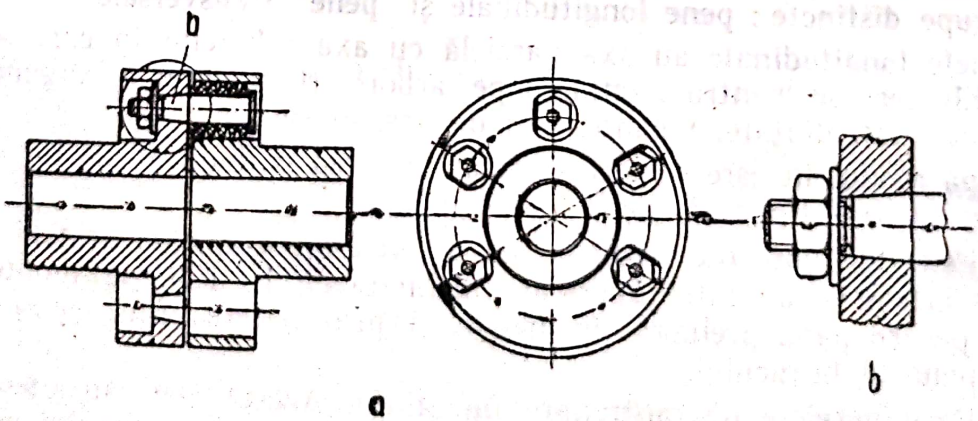


Fig. 5. Cuplaj elastic cu bolțuri :
a — cuplajul propriu-zis ; *b* — detaliu de asamblare pe con.

La efectuarea montajului se va face mai întîi verificarea conicității ambelor piese, cu ajutorul vopselei sau prin încercarea de a mișca lateral o piesă în raport cu cealaltă, controlîndu-se în același timp și adîncimea de contact a lor.

Între suprafața butucului și a capătului bolțului (de la care începe filetul) trebuie să rămînă un joc care să permită strîngerea suplimentară ulterioară a piuliței.

d. Asamblările prin strîngere

Acestea asigură imobilitatea asamblării datorită strîngerii care se creează la montaj, ca urmare a diferenței dintre dimensiunile pieselor care urmează să fie asamblate. Acest tip de asamblări se folosește la îmbinarea bucșelor, bandajelor etc., în butucul roților dințate, a roților de curea etc.

Între suprafețele de contact ale pieselor iau naștere forțe de frecare care dau asamblării o rezistență atît la deplasarea axială cît și la rotire și sînt cu atît mai mari cu cît suprafețele sînt mai fin prelucrate.

O montare bună se realizează prin efectuarea următoarelor operații pregătitoare : piesele se curăță de praf ; piesa cuprinzătoare, cît și piesa cuprinsă se prevăd cu teșitură care să ușureze presarea și să evite înțepenirile ; suprafețele în contact se ung cu un strat subțire de ulei.

Montarea se face prin încălzirea piesei cuprinzătoare *1* sau răcirea piesei cuprinse *2* și apăsarea axială, fie lovind o piesă intermediară *3* (fig. 6), cu ciocanul, fie apăsînd cu presa în cazul pieselor mari.

La demontare se folosesc extractoare ca cel prezentat în figura 7.

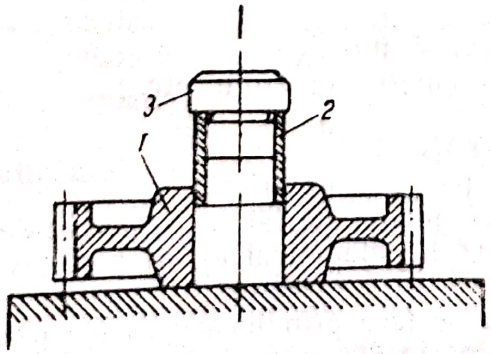


Fig. 6 Presarea unei bucșe.

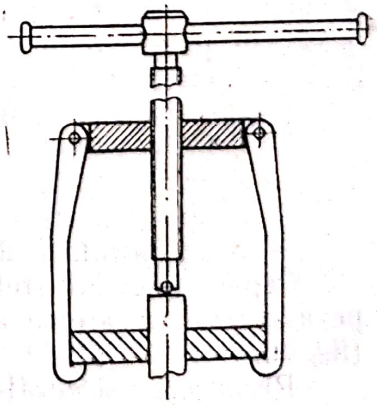


Fig. 7. Extractor limitator simplu.

2. Asamblări nedemontabile

a. Asamblările prin nituire

Acestea se folosesc pentru a se obține asamblări rezistente la solicitări mecanice (de rezistență), pentru a asigura o perfectă etanșare sau pentru a realiza asamblări atît de rezistență cît și de etanșare.

Nituirea este operația de asamblare a două sau mai multe piese în care elementul de îmbinare folosit este *nitul.*

Operația de nituire constă în următoarele: în gaura care trece prin piesele de îmbinat, se introduce nitul cald sau rece. Unul din capetele lui iese deasupra suprafeței piesei. Tija care iese din gaură este îndesată prin lovituri sau prin apăsare și formează cel de-al doilea cap al nitului.

În ultimul timp, asamblările nituite se utilizează din ce în ce mai rar, numai acolo unde sudura nu este posibilă, fie datorită deformărilor, fie datorită faptului că trebuie asamblate piese din oțeluri cu piese din metale neferoase.

Nituirea se realizează manual sau cu ajutorul mașinilor.

b. Asamblările prin mandrinare

Acestea realizează o îmbinare rezistentă și etanșă a țevilor cu alte elemente. Operația se execută prin presarea pereților țevii în găurile executate în plăcile tubulare sau în camerele de întoarcere și se execută cu ajutorul mandrinei.

Îmbinarea trebuie să fie rezistentă la solicitările datorită presiunii fluidului, greutății proprii a construcției și dilatărilor termice.

Materialele țevilor trebuie să permită o deformare plastică și o mare alungire. Recoacerea țevilor la capete trebuie făcută cu atenție, deoarece o recoacere prost condusă poate duce fie la scăderea rezistenței mandrinării fie la crăparea țevilor la mandrinare.

Țevile, înainte de mandrinare, se verifică să nu aibă:

- defecte vizibile ca: lovituri, fisuri, așchieri, coroziuni etc.;
- suprafața interioară murdară;
- ovalități peste limitele admise ale STAS-ului;
- neuniformități ale grosimii peretelui pe circumferință.

Capetele țevilor trebuie să fie drepte, cu planul de tăiere perpendicular pe axa țevii. Abaterea admisă *a* este de 0,02 din diametrul exterior al țevii (fig. 8).

Recoacerea și curățirea capetelor țevilor se face prin încălzirea lor pînă ajung la culoarea roșie-albă pe o lungime pînă la 300 mm și după o menținere de 10—15 min, se răcesc în aer liniștit

Ţevile se curăţă la capete de oxizi, rugină., cu pila brută, cu pila fină şi apoi cu hîrtie abrazivă, prin fixarea ţevilor în strunguri, ca eventualele zgîrieturi să nu fie decît circulare, cele longitudinale nefiind admise.

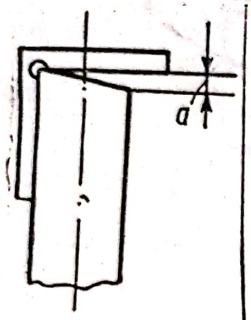


Fig. 8. Verificarea abaterii secţiunii ţevii de la perpendicularitatea pe axă.

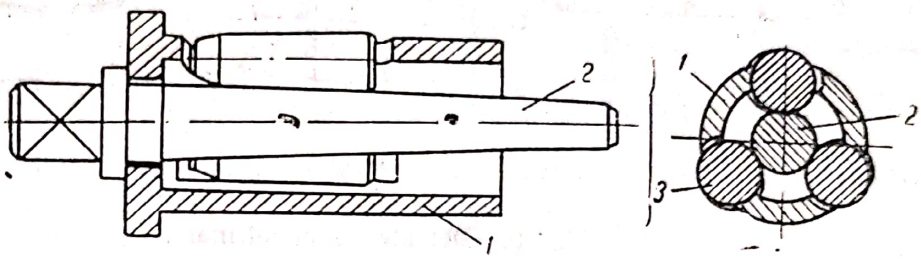


Fig. 9, Dispozitiv de mandrinat cu avans automat.

De asemenea, găurile pentru mandrinare se curăţă de rugină şi oxizi şi se măsoară spre a se încadra în abaterile admisibile.

Operaţia de mandrinare se execută prin fixarea ţevii în găurile plăcii tubulare sau camerele de întoarcere ale cuptoarelor cu ajutorul dispozitivelor de mandrinat (fig. 9).

Dispozitivul cu carcasa *1* se introduce în ţeava de mandrinat. Prin rotirea fusului conic, *2* rolele *3* care au conicitatea jumătate din cea a conului şi sînt aşezate cu axa înclinată faţă de axa conului, fac ca la rotirea lor o dată cu conul să imprime acestuia o mişcare de avans, iar ele să impingă ţeava, mărindu-i diametrul.

Acţionarea dispozitivului de mandrinat se face cu o maşină pneumatică sau electrică cu limitator de cuplu.

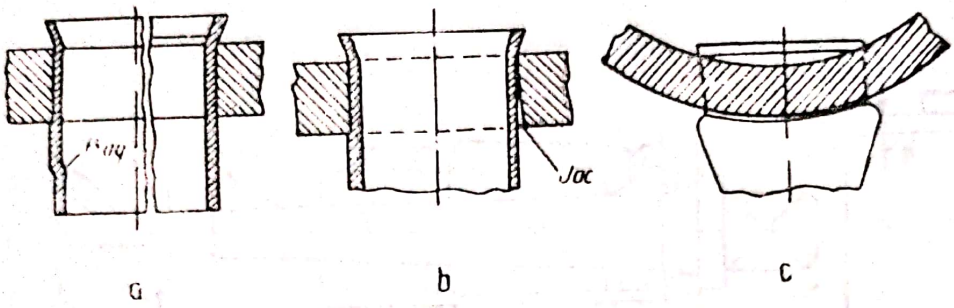
Îmbinările mandrinate pot avea următoarele *defecte :*

— mandrinarea incompletă, caracterizată prin lipsa unei treceri vizibile de la partea mandrinată a ţevii la cea nemandrinată şi chiar prin prezenţa unui joc între gaură şi ţeavă. Se datoreşte fie aşezării incorecte a mandrinei, fie unei neconcordanţe între conicitatea rolelor şi a fusului. Se remediază printr-o nouă mandrinare ;

— pragul interior al ţevii are o trecere bruscă de la partea mandrinată la cea nemandrinată, datorită unei role ascuţite (fig. 10, *a*) ;

— mandrinarea dezaxată (fig. 10, *b*) se datoreşte unei dezaxări mari a ţevii în gaură. Ţeava prezintă într-o parte o supramandrinare şi în partea opusă o mandrinare incompletă sau chiar joc. În acest loc ţeava se înlocuieşte ;

– supramandrinarea (fig. 10, *c*) se caracterizează printr-o umflătură mare a țevii și o ridicare a marginilor găurii. Țeava se înlocuiește și gaura se corectează ;



a b c

Fig. 10. Defecte de mandrinare.

– fisuri și rupturi ale gulerului datorită calității inferioare a materialului țevii, recoacerii incomplete a capătului de țeavă și lărgirii prea puternice a țevii în zona de bordurare.

c. Asamblări prin sudură

Îmbinările sudate sînt asamblări rigide executate prin sudura elementelor componente ale unui sistem tehnic.

Sudarea este operația de îmbinare nedemontabilă a două sau mai multe piese metalice, executată la cald, prin topire sau presare, cu sau fără metal de adaos, astfel încît piesele sudate să formeze un corp comun.

Asamblările prin sudură s-au impus în construcția de utilaje și aparate datorită următoarelor avantaje, față de nituire :

– economie de material pînă la 25% ;
– costul executării construcțiilor sudate este mai mic, datorită procesului tehnologic mai simplu și al ecomoniei de material ;
– utilajul de sudare mai simplu și mai ieftin ;
– îmbinările sudate sînt mai etanșe ;
– condiții de muncă mai bune pentru muncitori.

Clasificarea îmbinărilor sudate. Îmbinările sudate se clasifică după : forma secțiunii transversale, continuitatea cordonului de sudură, poziția și forma suprafeței exterioare.

Clasificarea îmbinărilor sudate după forma secțiunilor transversale este redată în tabela 4 pentru sudurile prin topire.

Clasificarea îmbinărilor sudate după continuitate :

– suduri continue cel mai des utilizate în construcția aparaturii. În figura 11 este reprezentată o sudură cap la cap în V ;

Tabela 4

Clasificarea, reprezentarea și notarea îmbinărilor sudate (prin topire) după forma secțiunii

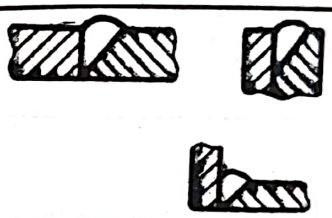
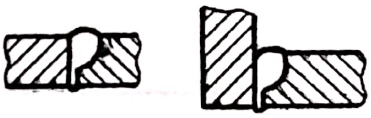
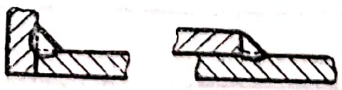
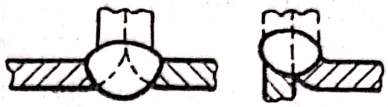
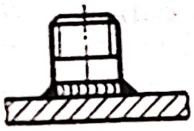
Poz.	Denumirea sudurii	Forma rostului și cusăturii (reprezentare detaliată)	Simbolul sudurii
1	Sudură în I (cap la cap, frontală)		
2	Sudură în V (cap la cap, frontală)		
3	Sudură în 1/2 V (cap la cap, frontală, în colț)		
4	Sudură în Y (cap la cap)		
5	Sudură în 1/2 Y (cap la cap, în colț)		
6	Sudură în U (cap la cap, în colț)		
7	Sudură în J sau 1/2 U (cap la cap, în colț)		
8	Sudură în L (în colț, cu margini suprapuse)		
9	Sudură în O (în gaură rotundă la tablele suprapuse)		

Tabela 4 (continuare)

Poz.	Denumirea sudurii	Forma rostului și cusăturii (reprezentare detaliată)	Simbolul sudurii
10	Sudură cu margini răsfrînte (cap la cap)		
11	Sudură în gaură pătrată (table suprapuse)		
12	Sudură prin puncte topite (electronit la table suprapuse)		
13	Sudură de prezon		
14	Sudură în trei table		

– suduri întrerupte față în față (fig. 12, *a*) la care elementele celor două șiruri de adaos sînt așezate față în față, sau suduri întrerupte în zig-zag (fig. 12, *b*) la care elementele de adaos ale unui șir sînt așezate în fața întreruperilor celuilalt șir.

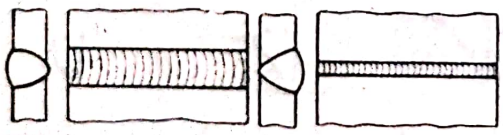


Fig. 11. Sudură continuă cap la cap în V (vedere).

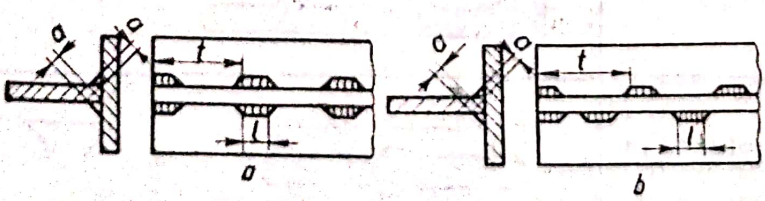


Fig. 12. Sudură discontinuă de colț.

a — grosimea sudurii de colț ; *l* — lungimea cordonului de sudură ; *t* — pasul.

Clasificarea coordonatelor de sudură după forma suprafeţelor exterioare:

– sudură plană (fig. 13, *a*), care are suprafaţa plană, iar marginile laterale se termină prin rotunjiri;

– sudură convexă (fig. 13, *b*), cu suprafaţa bombată. Se utilizează mai des în cazul sudurilor de rezistenţă folosite în aparatura chimică şi rafinării;

– sudură concavă (fig. 13, *c*).

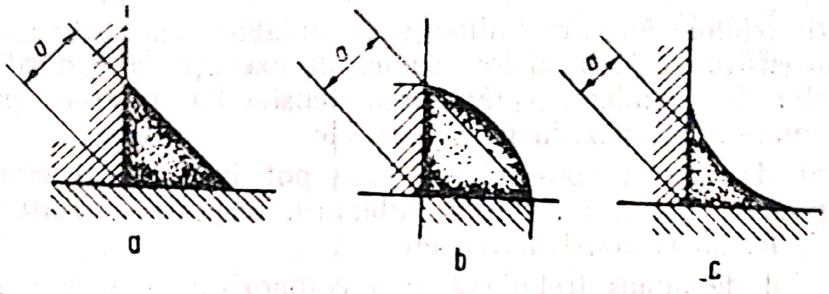


Fig. 13. Formele suprafeţelor exterioare a unor suduri de colţ.

Reprezentarea sudurilor se poate face atît detaliat cît şi schematic.

Secţiunile prin sudură nu se haşurează.

În reprezentarea schematică materialul depus nu se desenează. Se reprezintă elementele de îmbinat alăturate, fără rosturi între ele şi cu marginile neprelucrate, arătîndu-se locul sudurii printr-o linie de indicaţie terminată cu o singură latură.

Sudabilitatea metalelor şi aliajelor. Sudabilitatea este proprietatea unui metal de a putea fi sudat. Această proprietate depinde de proprietăţile materialului de bază (compoziţia chimică), tehnologia sudării, particularităţile constructive ale pieselor (grosimea lor)., materialul de adaos etc.

După sudabilitate, oţelurile se pot împărţi în trei grupe:

– *oţeluri uşor sudabile*, sînt sudabile la rece, fără preîncălzire, prin procedee uzuale, (sudură prin topire, sudură electrică, cu gaze etc.), obţinîndu-se suduri cu proprietăţi mecanice, metalurgice, plastice şi tehnologice foarte apropiate de cele ale metalului de bază;

– *oţeluri condiţionat sudabile*, sînt sudabile cu ajutorul procedeelor uzuale de sudare prin topire. Pentru a asigura suduri cu proprietăţi mecanice, metalurgice, plastice şi tehnologice apropiate de cele ale materialului de bază, necesită măsuri de precauţie ca: preîncălzire locală (sub 400°C), folosirea unor materiale de adaos speciale (electrozi, sîrme, fluxuri cu elemente de aliere), regimuri stricte de sudare etc.;

– *oţeluri greu sudabile* sînt sudabile numai în condiţii speciale sau numai cu ajutorul unor procedee speciale ca sudarea arc-atom, sudarea în atmosferă protectoare de gaze inerte etc. şi care pretind măsuri deosebite ca: preîncălzire locală sau totală (peste 400°C), tratamente termice ulterioare

obligatorii, materiale de adaos speciale etc. Proprietățile mecanice, metalurgice și plastice apropiate de cele ale metalului de bază se obțin foarte greu.

Oțelurile necalmate prezintă pericolul de a forma pori și fisuri pe secțiunea care se sudează, datorită faptului că elementele componente ca : sulful, fosforul și carbonul au proprietatea de a segrega datorită nerepartizării lor uniforme.

La oțelurile necalmate, pericolul de fisurare apare atunci cînd metalul are după călire o duritate de circa 250 HB, iar la cele calmate de circa 300 HB.

Factorii tehnologici care influențează sudabilitatea sînt : viteza de sudare și răcire, intensitatea de încălzire, ordinea de execuție a sudurilor, rigiditatea dispozitivelor de prindere, combaterea tensiunilor interne, prelucrarea și pregătirea marginilor, poziția de sudare etc.

Factorii de natură constructivă care pot influența sudabilitatea sînt : grosimea piesèlor de sudat, forma îmbinării, dispoziția cusăturii, complexitatea piesei, forma ei constructivă etc.

Materialul de adaos trebuie să aibă compoziția chimică aproape de cea a materialului de bază (care se sudează).

La oțelurile slab aliate, cu mai multe elemente de aliere, stabilirea sudabilității se face folosindu-se formula care determină conținutul de carbon echivalent :

$$C_{echiv} = \%C + \frac{\%Mn}{6} + \frac{\%Cr}{5} + \frac{\%V}{5} + \frac{\%Mo}{4} + \frac{\%Ni}{15} + \frac{\%Cu}{13} + \frac{\%P}{2}$$

Cînd $C_{echiv} < 40\%$ sudabilitatea metalului este bună.

Dacă C_{echiv} este cuprins între 40 și 60% sudabilitatea este condiționată. Cînd $C_{echiv} > 60\%$ sudabilitatea nu este pe deplin asigurată (oțel greu sudabil).

Forma marginilor pentru sudare și dimensiunile cusăturilor sudate. *Elementele cusăturii sudate* sînt reprezentate în figura 14. În cazul cusăturilor de colț, grosimea cusăturii este elementul principal și se stabilește așa cum se vede în figura 15.

Caracteristicile de formă ale îmbinărilor sudate sînt așa cum se vede și în figura 16, următoarele :

- adîncimea pătrunderii h_n ;
- coeficientul de formă $k_f = \frac{b}{h_n}$;
- gradul de supraînălțare $f_b = \frac{h_b}{b}$;
- secțiunea metalului depus A_d ;
- secțiunea metalului topit din metalul de bază A_m ;
- secțiunea cordonului sudat $A_s = A_d + A_m$.

Forma cusăturilor sudate se alege în funcție de următorii factori : calitatea materialului de bază, grosimea materialului de bază, procedeul de sudare,

Scanned with OKEN Scanner

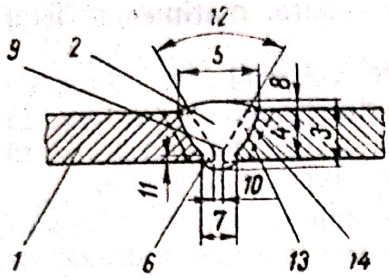


Fig. 14. Elementele cusăturii sudate:

1 — metalul de bază ; *2* — cusătura sudată ; *3* — grosimea efectivă a cusăturii ; *4* — grosimea teoretică a cusăturii ; *5* — lățimea cusăturii ; *6* — rădăcina cusăturii ; *7* — lățimea rădăcinii ; *8* — îngroșare ; *9* — rost ; *10* — deschiderea rostului ; *11* — înălțimea rădăcinii rostului ; *12* — unghiul rostului ; *13* — pătrundere ; *14* — zona influențată termic.

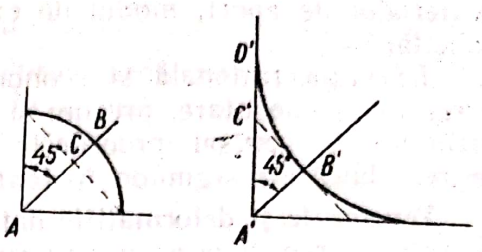


Fig. 15. Elementele sudurii de colț:

AB — grosimea măsurată ; *AC* — grosimea de calcul ; *BC* — îngroșare ; *A'B'* — grosimea măsurată = grosimea de calcul ; *C'D'* — îngroșare.

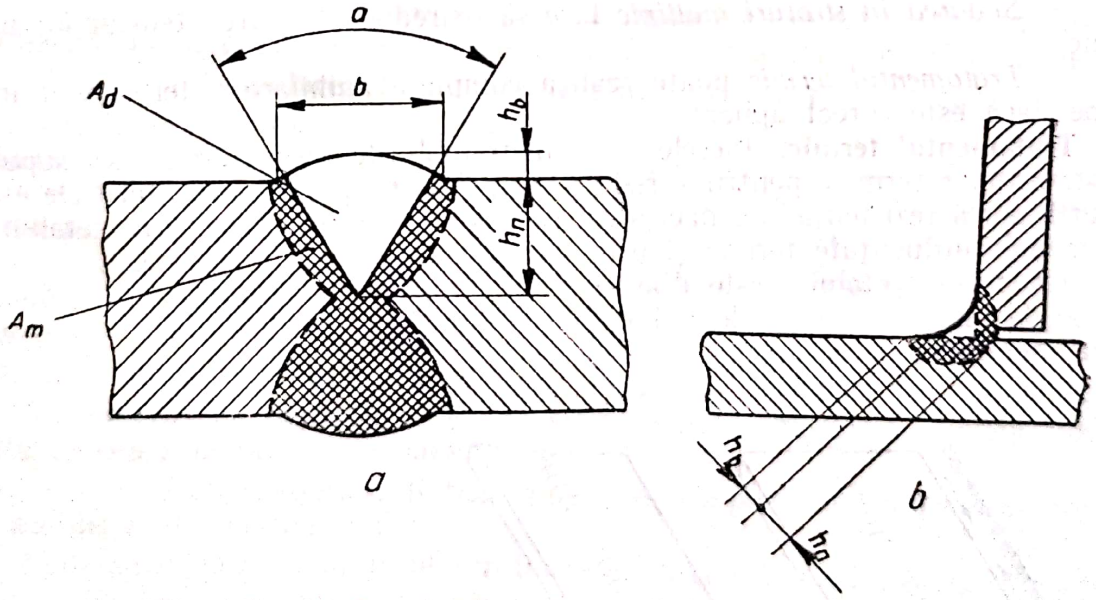


Fig. 16. Caracteristicile de formă ale îmbinărilor :

a — cap la cap ; *b* — în colț.

materialul de aport, modul de execuție, poziția de sudare, mărimea și felul solicitărilor.

Execuția rațională și economică are în vedere volumul operațiilor de pregătire și executare, precum și consumul de material de adaos. Se acordă întîietate, în general, procedeelor de sudură automată și semiautomată, fără teșirea oblică a marginilor, în toate cazurile cînd acest lucru este posibil.

Tensiunile și deformațiile datorită sudării. Tensiunile și deformațiile sînt cauzate de repartizarea neuniformă a căldurii în piesele care se sudează, de faptul că dilatările sînt inegale și de rigiditatea piesei sudate.

La încălzire, în piesă apar tensiuni de compresiune și deformații elastico-plastice. La răcire se creează tensiuni de întindere, care se măresc cu scăderea temperaturii pereților piesei. Tensiunile care apar la răcire sînt permanente.

În figura 17, sînt reprezentate contracțiile tipice care apar la sudare. Secțiunea sudurii fiind triunghiulară, forța de contracție neuniformă care apare, provoacă contracția unghiulară a plăcii.

Procedee de reducere a deformațiilor. Reducerea deformațiilor datorită tensiunilor interne se face prin aplicarea unei tehnologii de sudare corecte, alegerea corectă a electrodului și alegerea unei forme constructive corespunzătoare.

Procedee de reducere a tensiunilor interne. Preîncălzirea piesei de sudat micșorează diferența de temperatură dintre locul de sudat și restul piesei și reduce viteza de răcire a metalului depus și a zonei influențate termic. În consecință, tensiunile interne scad ca mărime.

– *Sudarea în straturi multiple* face să se reducă valoarea tensiunilor interne.

– *Tratamentul termic* poate realiza completă anihilare a tensiunilor interne dacă este corect aplicat.

Tratamentul termic. Piesele și subansamblurile recipientelor se supun tratamentelor termice pentru a reda principalele proprietăți mecanice ale cusăturii, adică rezistența și tenacitatea, prin îmbunătățirea structurii metalului din zonele influențate termic și prin anihilarea tensiunilor interne.

Structura metalului este diferită în diversele zone ale îmbinării sudate. Ea se deosebește în zona de influență termică și în zona metalului depus de zona metalului de bază.

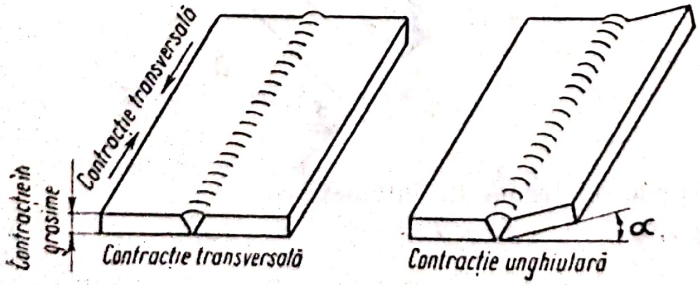


Fig. 17. Contracții.

Tratamentele termice cele mai frecvente sînt :

Normalizarea care constă în încălzirea oțelurilor pînă la temperatura punctului critic superior $Ac_3+50°C$,* menținerea la această temperatură timp de 2,5 min pentru fiecare mm grosime a oțelului și răcirea în aer.

Normalizarea are drept scop eliminarea tensiunilor interne permanente și modificarea structurii din zona sudurii.

Se recomandă pentru oțeluri cu conținut mic de carbon.

Recoacerea completă constă în încălzirea pieselor la o temperatură de Ac_3 $+50°C$, menținerea la această temperrură timp de 5 pînă la 20 min și răcirea în cuptor.

Acest tratament duce la :

– formarea unei structuri fine a metalului cusăturii și a zonei influențate termic ;

– micșorarea durității cusăturii, necesară în scopul prelucrării ulterioare prin așchiere ;

– anihilarea tensiunilor interne formate în timpul sudării.

Timpul de menținere la temperatura de recoacere este de 1 min pentru fiecare milimetru din grosimea piesei, dar nu mai puțin de 30 min.

Recoacerea de detensionare constă în încălzirea pieselor sudate la o temperatură de 600 pînă la 650°C, urmată de o răcire înceată.

Durata de menținere la temperatura de recoacere este de 2–2,5 min pentru fiecare milimetru din grosimea metalului dar nu mai puțin de 30 de minute.

Scopul este anihilarea tensiunilor interne, apărute după sudare.

Recoacerea izotermă, constă în încălzirea pieselor la o temperatură cu 30 pînă la 50°C peste punctul Ac_3, urmată de o răcire rapidă pînă la 650°C, la care piesa se menține 25 pînă la 30 min, apoi se răcește în aer. Acest tratament se aplică în special oțelurilor aliate pentru îmbunătățirea structurii cusăturilor.

Procedee de sudare. *Sudura cu gaze* se realizează încălzindu-se pînă la topire metalul de adaos și piesele în locul de îmbinare, cu ajutorul căldurii dezvoltate prin arderea unui amestec de gaz în oxigen. Drept combustibil se utilizează acetilena și mai rar metanul, propanul, butanul, hidrogenul etc.

Ca material de adaos se utilizează sîrma avînd compoziția chimică apropiată de cea a metalului de bază.

Acetilena poate fi adusă în butelii sau se produce pe șantier în generatoarele de acetilenă, din carbid și apă.

Sudarea se face cu ajutorul arzătoarelor universale cu injector, care asigură presiunea constantă oxigenului.

Arzătorul se conduce paralel cu capetele de sudat, iar cu vergeaua de adaos se fac mișcări ondulatorii perpendiculare pe direcția de sudat.

* punctul critic superior (Ac_3) se poate citi pe diagrama fier-carbon.

Scanned with OKEN Scanner

Sudarea electrică manuală cu electrozi metalici, este cel mai răspîndit procedeu de sudare.

Procesul sudării electrice cu electrozi metalici constă în următoarele (fig. 18):

– curentul de la generatorul sau transformatorul *1* este adus prin conductorul *2* la piesele de sudat *4*, iar prin conductorul *3*, la mînerul portelectrod *7*, în care se află strîns electrodul *6*. Sudorul cînd apropie electrodul de piesa de sudat, închide circuitul și ia naștere arcul electric *5*. Datorită căldurii arcului electric metalul se încălzește pînă la temperatura de topire și se produce sudarea celor două piese. Metalul topit al electrodului constituie metal de aport.

Sudarea electrică folosește în majoritatea cazurilor (mod obișnuit) curentul alternativ, care se asigură cu utilaje mai ieftine și sudura este calitativ egală cu cea obținută prin utilizarea curentului continuu.

Sudarea electrică automată și semiautomată sub flux este un procedeu mai nou, dar în industria constructoare de aparate și utilaje chimice și de rafinării, are o pondere foarte mare.

Automatul de sudură este un agregat care poate fi mînuit de un singur sudor.

În figura 19, este reprezentată schema de principiu a unui automat de sudură. De pe tamburul *1*, sîrma *2*, se desfășoară și trecînd prin țeava *3*, avansează datorită mișcării roților *4*, care sînt antrenate de mecanismul *5* pus în mișcare de motorul electric *6*. Sîrma este condusă spre capul *7*, unde este apăsată pe contacte și primește curentul pentru sudură care alimentează arcul.

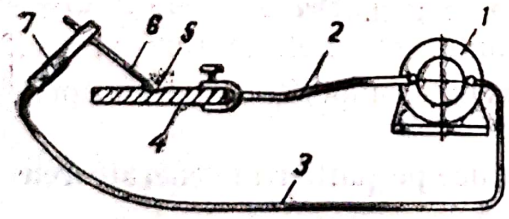


Fig. 18. Schema sudării electrice cu arc.

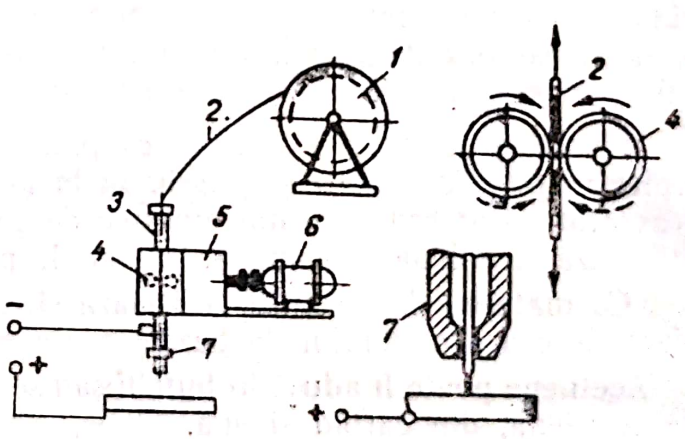


Fig. 19. Schema automatului pentru sudarea cu electrod metalic.

Automatele care au roți și se pot deplasa singure pe suprafața piesei de sudat sau pe șine deplasabile așezate pe suprafața piesei se numesc *tractoare de sudură*.

Sudura automată mărește productivitatea muncii de 5 pînă la 10 ori față de sudura manuală, asigurînd totodată o cusătură uniformă și de calitate a sudurii.

Sudarea în atmosferă protectoare de bioxid de carbon se execută semiautomat cu pistoale manuale, folosindu-se sîrmă de sudură de 1,2 pînă la 2 mm cu conținut de siliciu și mangan mai mare ca al piesei de bază, pentru a compensa pierderile prin oxidare.

Se folosește curentul continuu, cu polul (+) la sîrmă.

Sudarea în mediu de bioxid de carbon reprezintă un progres față de sudarea electrică manuală și chiar față de sudarea automată sub strat de flux deoarece :

– arcul electric poate fi supravegheat direct ;

– procedeul se poate aplica și la suduri scurte, cu forme curbe, în orice poziție ;

– productivitatea este mare și prețul de cost redus ;

– după sudare pe cusătură nu rămîne zgură.

Sudarea cu jet de plasmă se realizează asemănător sudării în atmosfera de bioxid de carbon, cu următoarele deosebiri :

– în loc de electrod fuzibil (din metal care se topește) se utilizează electrod nefuzibil de wolfram ;

– arcul nu se formează între electrod și piesa de sudat, ci între electrodul de wolfram și un ajutaj de cupru răcit cu apă.

Dacă la acest arc electric se adaugă și arcul dintre electrod și piesă, se obține un jet de plasmă transferat, care produce o aliere între metalul de adaos și piesă.

Această metodă este avantajoasă datorită calității superioare a sudurii și a productivității mari.

Sudarea în baie de zgură se utilizează în cazul pieselor de grosime mare, la care sudarea cu arc electric devine nerentabilă din cauza numărului mare de straturi ce trebuie depuse prin topire.

Procedeul constă în arderea arcului sub flux pînă ce se formează baia de zgură și de metal topit. Metalul topit fiind în contact cu piesele care se sudează prin răcire se obține sudura.

Sudarea materialelor plastice se poate realiza prin ;

– sudarea cu agenți termici gazoși ca aerul sau azotul.

Agentul termic gazos este încălzit electric sau cu flacără.

Sudarea se face cu sau fără material de aport, materialul plastic fiind adus în stare vîscoasă.

Materialul încălzit este apoi presat.

Procedeul se aplică la sudarea pieselor din policlorură de vinil (PCV) și din polietene sub formă de țevi, foi sau vergele ;

– sudarea prin curenți de înaltă frecvență ;
– sudare cu ultrasunete.

Verificarea calității îmbinărilor sudate. Calitatea îmbinărilor sudate se verifică prin următoarele mijloace :

– examinarea exterioară, după aspect ;
– încercări mecanice și cercetări metalografice ;
– controlul cu raze Roentgen ;
– încercarea la presiune la rece.

Examinarea după aspect permite să se constate eventualele defecte de formă și dimensiuni ale îmbinărilor sudate, vizibile cu ochiul liber sau cu lupa.

Această verificare este obligatorie la toate cusăturile sudate.

Defecte de calitate ale cusăturii sudate care pot fi constatate la examinări după aspect sînt următoarele :

– crăpături ale cordonului de sudură sau a metalului de bază din zona influențată termic ;
– șanțuri longitudinale la margine sau în cordonul de sudură datorită unui regim prea intens de sudare ;
– cratere în cordonul de sudură ;
– cordonul de sudură poros ;
– nepătrunderi, vizibile la capete, datorită neîncălzirii suficiente a metalului de bază.

Aceste defecte de calitate a cusăturilor sudate nu sînt admise în construcția aparatelor ce lucrează la presiune sau vid și sînt supuse controlului DGMSI.

Încercări mecanice și cercetări metalografice. Verificarea rezistenței și capacității de deformare a cusăturilor se face prin încercări mecanice ca :

– încercarea la tracțiune ;
– încercarea de îndoire la rece ;
– încercarea de rezistență.

Încercările mecanice se efectuează pe epruvete scoase din plăci de control sudate în același timp și executate din același material cu materialul aparatului.

Cercetarea metalografică se face atît asupra macrostructurii cît și asupra microstructurii.

Cercetarea macrostructurii se realizează examinînd cu ochiul liber defectele vizibile : crăpături, goluri, nepătrunderi, pori și incluziuni de zgură.

Cercetarea microstructurii se execută pentru presiuni peste 20 kgf/cm² și temperaturi peste 375°C. Se determină constituenții metalografici din metalul de bază și de adaos.

Cotrolul cu raze Roentgen se bazează pe diferența între permeabilitatea magnetică a metalului compact și aceea a celui cu defecte, care este înregistrată prin diferența de luminozitate a filmului fotografic.

Defectele apar pe filmul developat sub formă de pete sau linii negre (Ex: crăpăturile și fisurile apar sub formă de linii ondulate sau zig-zag, în figura cordonului de sudură; porii și incluziunile de gaze apar sub formă de puncte negre etc.).

Cînd numărul defectelor depășește cifrele admise, cordoanele de sudură se îndepărtează cu mijloace mecanice și se resudează.

Încercarea la presiune la rece permite verificarea etanșeității și a rezistenței îmbinărilor sudate. Se execută după controlul cu raze Roentgen și tratamentul termic prescris.

B. PREGĂTIREA PIESELOR

Operația care precede montajul este pregătirea pieselor.

Pregătirea pieselor în cazul asamblărilor demontabile, constă în verificarea existenței tuturor pieselor necesare montajului pe grupe, subansambluri și organe de asamblare.

Se verifică dacă piesele corespund dimensional cu planurile și dacă pe suprafața lor nu au lovituri, fisuri, urme de rugină.

În cazul cînd piesele au fost conservate prin ungere, se spală cu petrol.

În cazul asamblărilor nedemontabile, prin sudură sînt necesare o serie de operații pregătitoare a marginilor tablelor.

Marginile tablelor vor fi prelucrate în vederea sudurilor cap la cap, în formă de I, V, Y, U, X sau dublu U, funcție de grosimea tablei.

Prelucrarea marginilor se realizează prin următoarele metode:

– așchiere mecanică cu mașina de rabotat table, așchiere cu dalta acționată pneumatic sau prin polizare;

– tăiere cu flacăra de gaz, cu ajutorul mașinilor de tăiat;

– tăiere cu flacăra de gaz, manual, urmată de prelucrarea prin așchiere.

Forma cilindrică a tablelor se obține pe mașini speciale de îndoire a tablelor numite *valțuri* care constau în principiu din trei cilindri.

Virolele astfel obținute se rigidizează prin puncte de sudură și apoi se trece la operația de asamblare prin sudură cu ajutorul sudurii automate sau manuale.

Scanned with OKEN Scanner

C. ORGANIZAREA LOCULUI DE MUNCĂ

În vederea reducerii termenelor de punere în funcțiune și creșterea productivității muncii la montaj, se tinde la industrializarea montajului.

Organizarea montajului se va face pe obiecte sau instalații unitare și constă din :

– stabilirea tehnologiei de montaj adică preconizarea operațiilor ce trebuie executate pe platforme de montaj și ce anume operații este necesar să se execute în atelierul șantierului ;

– eșalonarea execuției lucrărilor de montaj a utilajelor, cu construcțiile, instalațiile și celelalte antreprize ;

– stabilirea necesarului de utilaje de bază și scule ;

– întocmirea planului de aprovizionare complexă cu materiale, prefabricate și utilaje tehnologice ;

– stabilirea planului forțelor de muncă necesare ;

– organizarea controlului calității montajului.

Încă din perioada de proiectare a montajului, în vederea creșterii productivității muncii și a industrializării montajului trebuie prevăzut :

– montajul în blocuri mari ;

– mecanizarea complexă a operațiilor de lucru de pe șantier ;

– simplificarea sistemelor de suporturi pentru conducte ;

– executarea unui număr de operații cît mai mare în uzinele constructoare sau atelierele de șantier, astfel ca pe platforme de montaj să se execute numai ridicări de blocuri complexe și asamblările demontabile dintre blocuri.

O bună pregătire a montajului impune amenajarea platformelor de pregătire în imediata apropiere a platformei de montaj.

Pe platforma de pregătire se vor executa următoarele lucrări :

– aducerea și depozitarea subansamblelor utilajelor negabaritice și a pieselor care se montează în interiorul și exteriorul lor, a elementelor de construcții metalice, care se montează pe utilaje, aducerea conductoarelor, armăturilor etc. ;

– asamblarea utilajelor negabaritice și a construcțiilor metalice respective ;

– verificarea recipientelor și probarea lor conform normelor metrologice ;

– izolarea și vopsirea înainte de ridicare pe locul de montaj ;

– ansamblarea construcțiilor metalice în blocuri mari.

Amenajarea platformei de pregătire se realizează prin nivelare, balastare sau chiar betonare, realizarea unei pante de scurgere și legarea prin drumuri de acces de rețeaua de drumuri sau calea ferată.

Scanned with OKEN Scanner

Platforma se racordează la rețeaua electrică, de apă, canal, aer comprimat, abur etc.

Platforma se datează din vreme cu mijloace de ridicat și transportat și cu sculele și agregatele de lucru.

D. MONTAREA SUBANSAMBLURILOR

Montarea subansamblurilor este una din etapele principale ale asamblării.

Ansamblarea este procesul tehnologic de îmbinare a pieselor unui utilaj sau al unei mașini, în alte unități de ansamblare mai mari, pînă la crearea utilajului sau mașinii complete. Asamblarea este însoțită de operații de ajustare și control care se sfîrșesc cu probarea utilajului sau mașinii.

Montarea subansamblurilor se execută în ateliere cînd greutatea și gabaritul permite transportul lor. Se preferă montajul pe subansambluri deoarece în cadrul atelierului sculele, dispozitivele de ridicat și transportat permit executarea unui montaj mai corect, mai îngrijit și mai rapid.

În cazul cînd montarea subansamblurilor se realizează pe șantier se impun următoatele condiții :

— păstrarea marcajelor uzinei de pe virole și funduri pînă la terminarea asamblării ;

— verificarea paralelismului fețelor virolelor și a perpendicularității generatoarelor de pe planul fețelor ;

— suprafețele cilindrice ale virolelor să nu aibă denivelări ;

— verificarea ovalității etc.

Asamblarea se realizează de preferință integral la sol și apoi se face ridicarea pe fundație.

În cazul utilajelor grele de diametre mari (peste 6 m) se preferă asamblarea verticală, pe tronsoane.

Asamblarea rațională a utilajelor trebuie realizată într-o anumită ordine cunoscută dinainte și înscrisă în schemele de montaj.

E. SCHEME DE MONTAJ

Construirea de utilaje din subansambluri, grupe și piese se face așa cum se arată în figura 20.

În această schemă nu se precizează cu care piesă sau grupă de ordin inferior se începe asamblarea fiecărui subansamblu. În procesele tehnologice de montaj se precizează acea piesă la care se îmbină celelalte piese care sînt cuprinse subansambluri sau chiar în utilaj. Această piesă se numește *piesă de bază.*

În figura 21, este reprezentată schema de asamblare a unui schimbător de căldură rigid, cu două treceri.

Scanned with OKEN Scanner

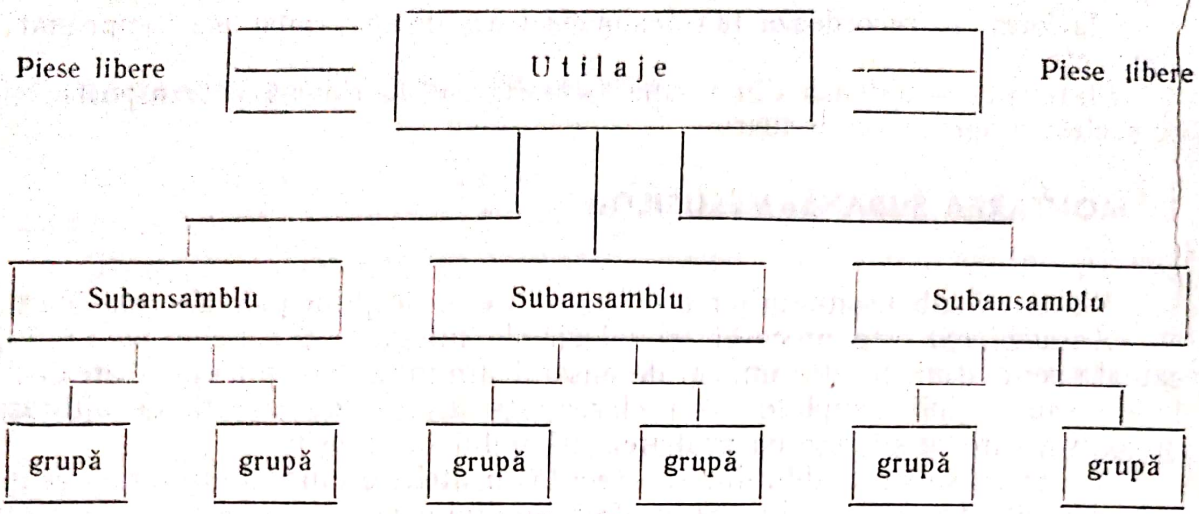


Fig. 20
Schema de montaj a unui utilaj

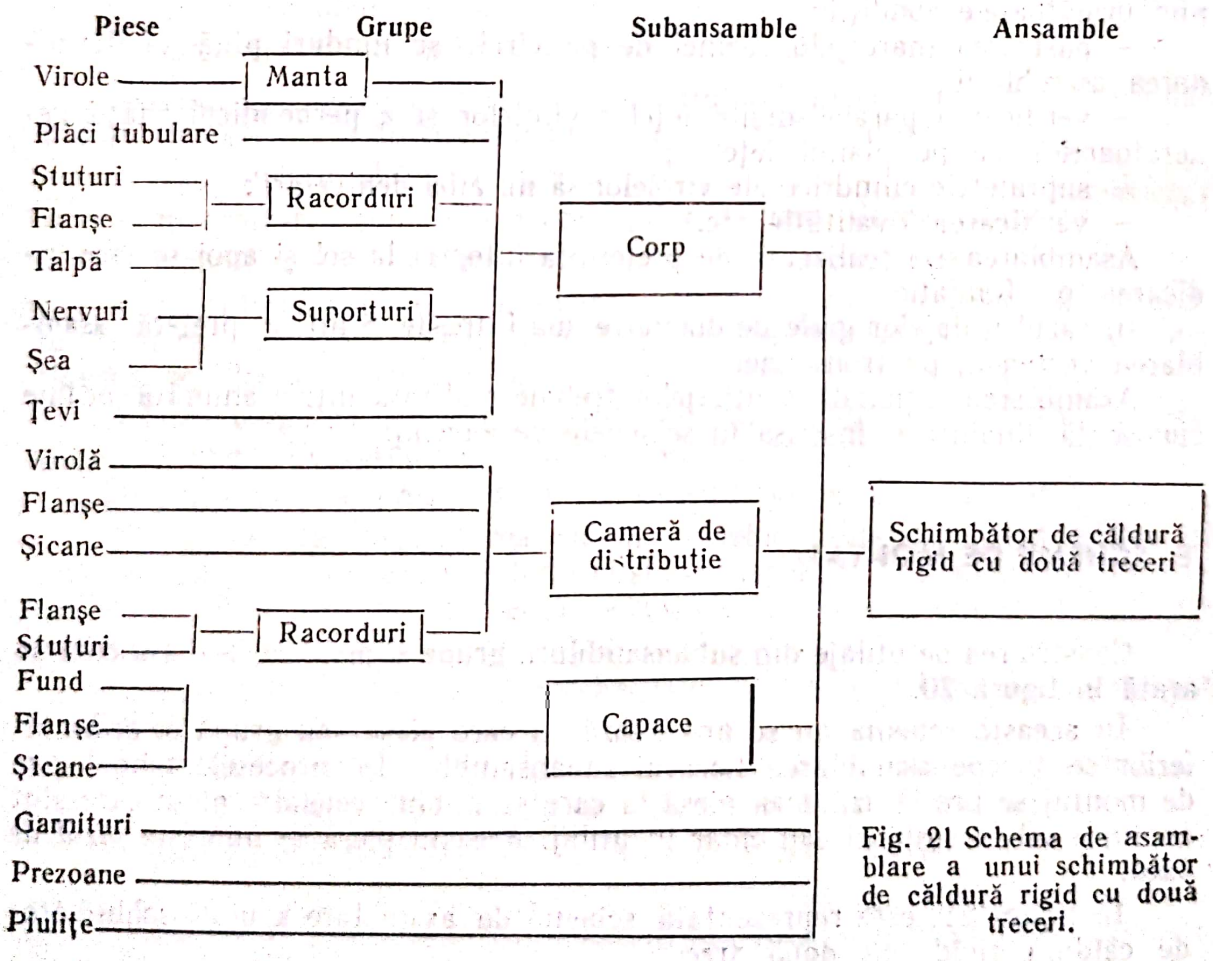


Fig. 21 Schema de asamblare a unui schimbător de căldură rigid cu două treceri.

F. UTILAJE PENTRU MONTAJ

1. Utilaje de ridicare

Utilajele de ridicare cuprind totalitatea mecanismelor, mașinilor, vehiculelor și instalațiilor care servesc la deplasarea pe distanțe mici, a sarcinilor pe direcție verticală și în mică măsură realizează și un transport orizontal prin rotație și translație.

a. Scripeții

Scripeții sînt roți cu periferia profilată (fig. 22) pe care se înfășoară organul de tracțiune (lanț, frînghie, cablu) și servesc la transmiterea de forțe.

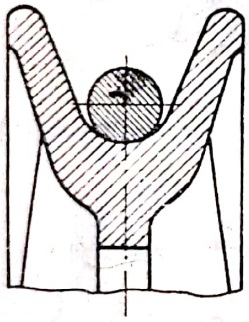


Fig 22. Profilul rolelor pentru cablu.

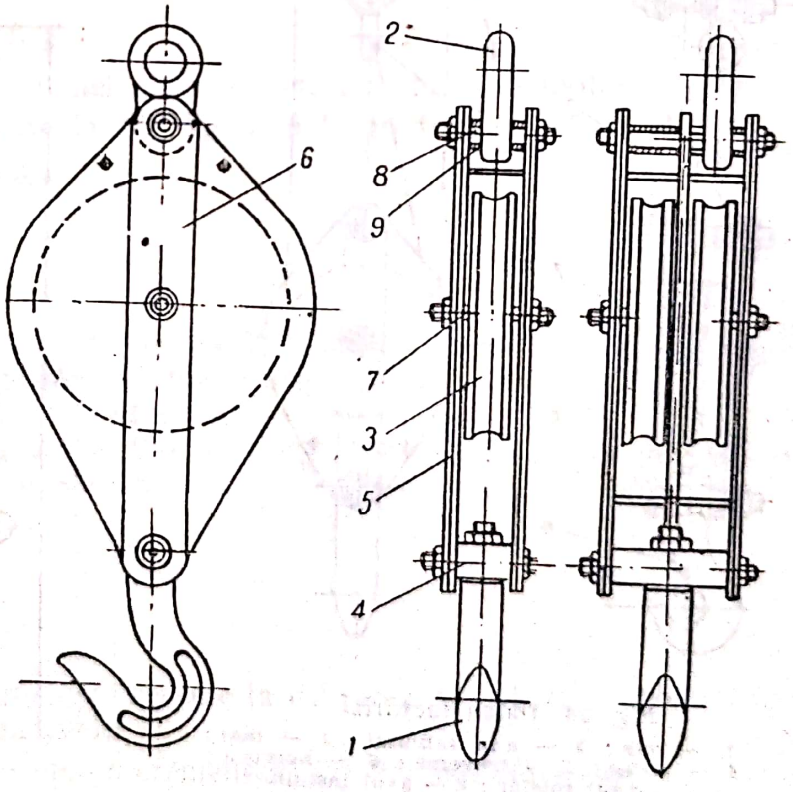


Fig. 23. Mufă:
1 — cîrlig; *2* — ochi; *3* — rolă; *4* — traversă; *5* — armătură; *6* — nervură; *7* — axul rolei; *8* — axul ochiului; *9* — manșon.

b. Muflele

Muflele sînt dispozitive care au unul sau mai mulți scripeți montați liber pe una sau două axe coaxiale, într-o carcasă prevăzută cu cîrlig (fig. 23).

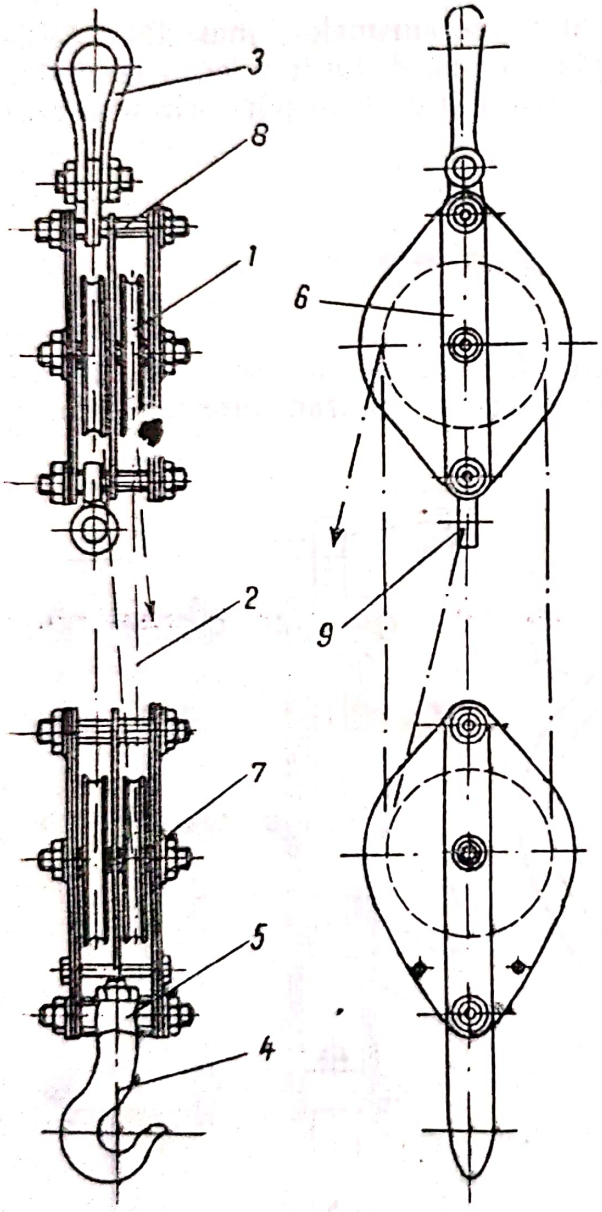
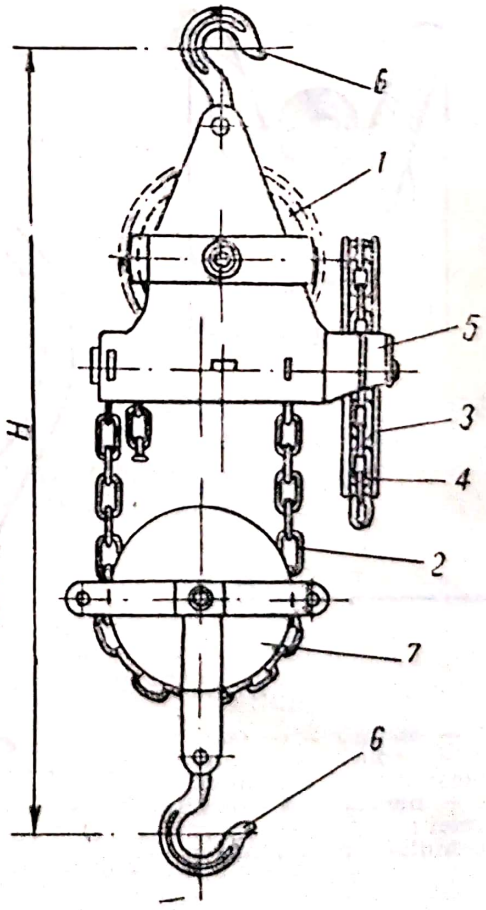


Fig. 24. Palan factorial :
1 — rolă ; 2 — axa cablului ; 3 — inel ; 4 — cîrlig ; 5 — traversă ; 6 — nervură ; 7 — axul rolelor ; 8 — axul inelului ; 9 — ochi.

Fig. 25. Palan cu melc :
1 — roată elicoidală ; 2 — lanț de sarcină ; 3 — roată pentru manevră ; 4 — lanț pentru manevră ; 5 — apărătoarele lanțului ; 6 — cîrlig ; 7 — roată de lanț ; *H* — lungimea de construcție.



c. Palanele factoriale

Acestea sînt mecanisme compuse din două mufe şi servesc pentru montare, fiind acţionate cu trolii manuale sau mecanice (fig. 24). Sînt folosite pentru sarcini cuprinse între 1,5 şi 100 tone.

d. Palanele diferenţiale

Palanele diferenţiale sînt mecanisme care constau în scripeţi asociaţi cu angrenaje care pot menţine sarcina suspendată.

Un exemplu de palan avînd angrenaj cu melc şi acţionare manuală este reprezentat în figura 25.

e. Electropalanele

Aşa cum le arată şi numele, sînt palane acţionate de motor electric. Se utilizează pentru sarcini de la 100 kg pînă la 10 tone.

f. Troliile

Troliile sînt dispozitive care servesc la deplasarea orizontală sau verticală a sarcinilor. Ele au mecanisme de fixare care permit menţinerea sarcinii într-o poziţie dorită. Se fixează pe fundaţii sau se ancorează în puncte fixe. Pot fi cu acţionare manuală (fig. 26) pentru sarcini cuprinse între 1,25 şi 5 tf sau cu acţionare mecanică pentru sarcini pînă la 10 tf.

g. Vinciurile

Acestea sînt mecanisme care servesc la ridicarea şi coborîrea greutăţilor şi foarte mari la înălţimi mici.

Vinciurile pot fi cu şurub, cu cremalieră (fig. 27) sau hidraulice.

Scanned with OKEN Scanner

h. Verinele

Verinele cu șurub sau hidraulice glisante sînt mecanisme care pot executa deplasări de sarcini, în special în spații în care nu există posibilitatea intrării unor macarale.

i. Stîlpii de montaj

Acestea sînt construcții metalice care împreună cu palane și trolii, formează sisteme tehnice de ridicare a sarcinilor unitare de tonaje mari.

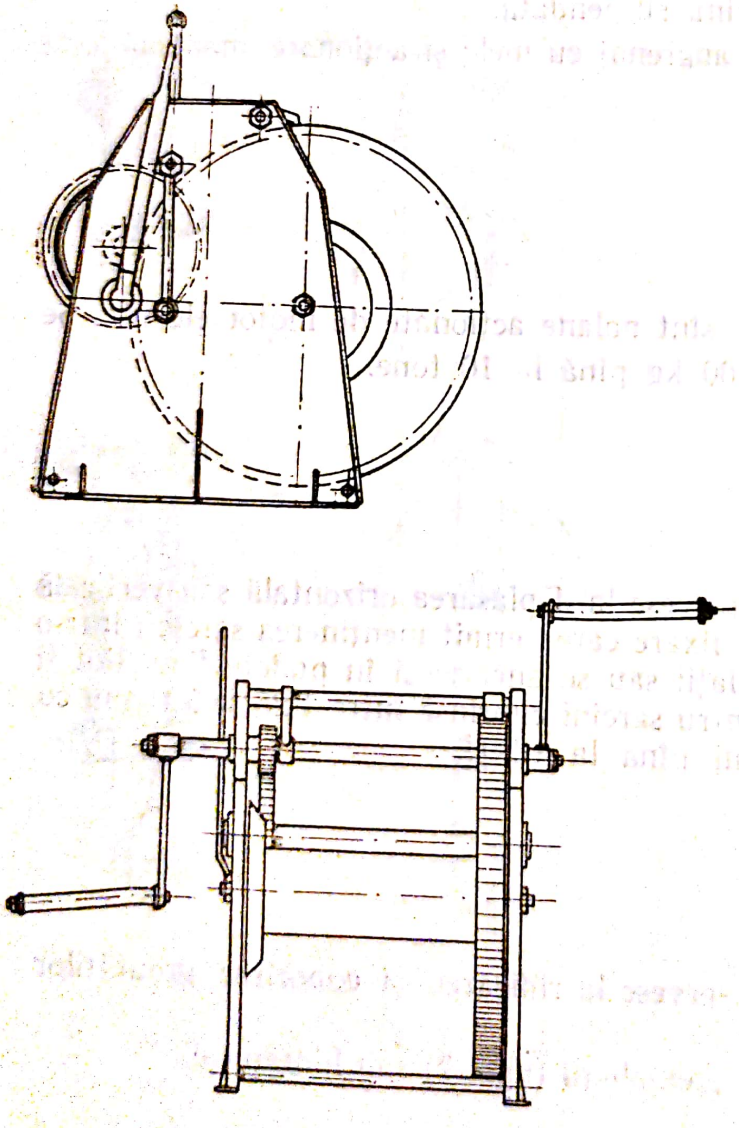


Fig. 26. Troliu manual.

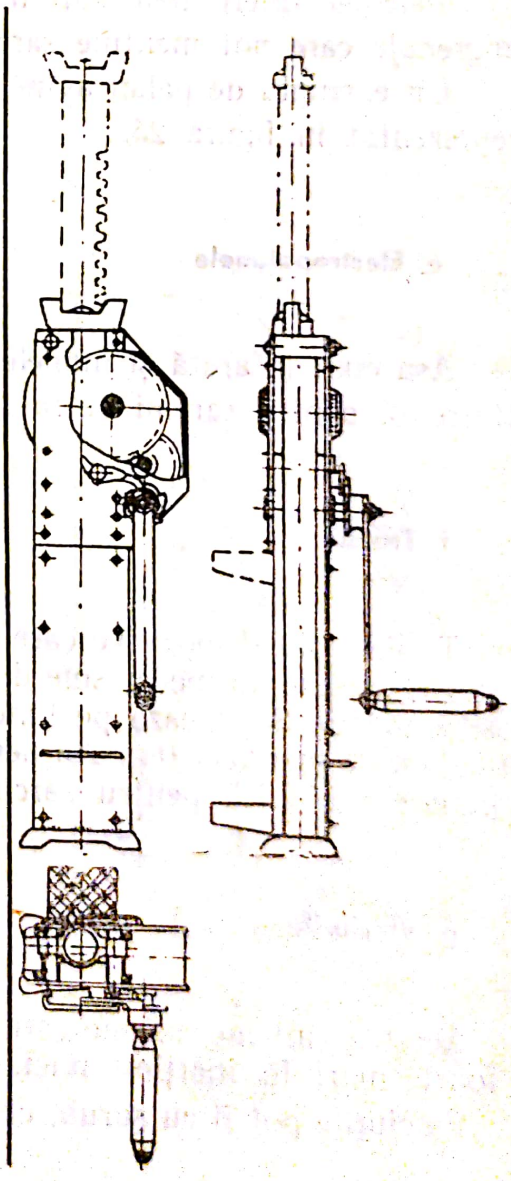


Fig. 27. Vinci cu cremalieră.

Scanned with OKEN Scanner

Se execută din țeavă, sau pentru sarcini mari, din grinzi cu zăbrele și se fixează pe fundații sau colaje.

Ei pot lucra fie singuri fie cel mai adesea perechi consolidați la partea superioară cu o traversă de susținere a mecanismelor formînd *portale de ridicare*.

Stîlpii care lucrează în cadrul portalelor sînt supuși la momente de încovoiere mult mai mică și deci capacitatea lor portantă crește.

De traversa de susținere se leagă palane care sînt acționate de trolii (fig. 28), capacitatea de lucru ajungînd la 200 tf și înălțimea de ridicare pînă la 60 m.

j. Macaralele

Macaralele sînt mașini care permit transportul pe verticală și orizontală a sarcinilor, simultan sau succesiv.

Macaralele rotitoare fixe sînt mașini de ridicat care se pot roti în jurul axei lor verticale. Ele pot executa operații de ridicare și rotirea sarcinii în jurul stîlpului central denumit *catarg*.

Macaralele rotitoare se caracterizează prin momentul M al macaralei sau al brațului:

$$M = Q.a \quad [kgf.cm] \qquad (14)$$

unde:

Q este sarcina nominală;

a – raza maximă de ridicare.

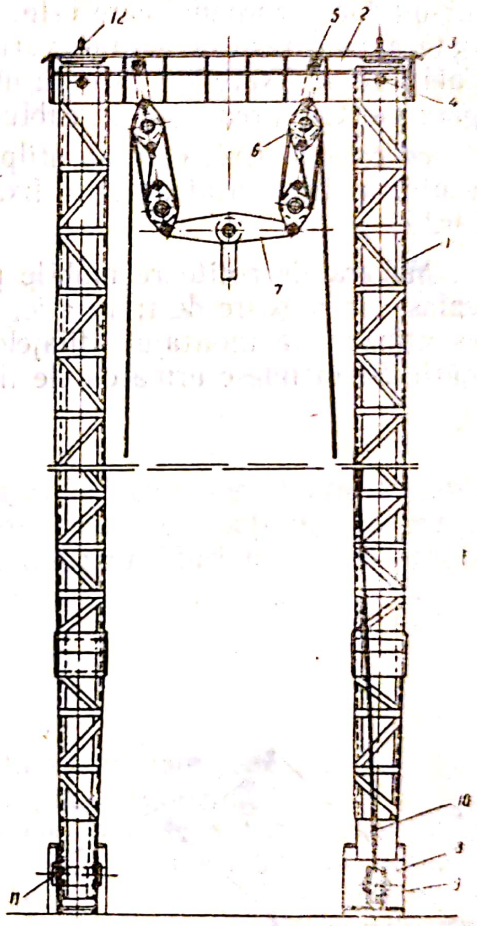


Fig. 28 Portal de stîlpi cu palane

1 — stîlpi pentru ridicare; *2* — traversă portal; *3* — urechile pentru ancorare; *4* — bolțuri pentru fixarea traversei; *5* — bolțuri pentru fixarea palanelor; *6* — palane factoriale; *7* — traversă pentru ridicare; *8* — sabot articulat pentru rezemarea stîlpilor; *9* — rolă pentru deviere; *10* — cabluri; *11* — bolțurile articulației de la sabot; *12* — urechi pentru ridicarea traversei.

Macaralele rotitoare pot fi fixe:

de perete, caracterizate printr-o coloană rotitoare fixată într-un lagăr superior ancorat de perete lîngă care este amplasată și un lagăr inferior cu crapodină putînd avea brațul fix sau variabil;

derrick, care au un stîlp central numit *coloană* sau *catarg*. Stîlpul se sprijină la partea de jos într-un lagăr axial pe fundație, iar la partea superioară într-un lagăr coroană, care este fixat prin ancore de cablu (fig. 29). Brațul poate avea o rază de acțiune variabilă prin înclinarea sa față de catarg.
Cablurile de fixare vor face un unghi cu orizontala de 30 la 45° pentru a nu apare eforturi prea mari în cabluri;

cu coloană fixă, care au stîlpul central încastrat în beton. Sînt mai greu de utilizat în montaj datorită fixării greoaie însă au avantajul că dispar cablurile.

Macaralele rotitoare mobile pe lîngă ridicarea și rotirea sarcinii se pot deplasa, în mișcare de translație, cu sau fără sarcină. Sînt macaralele cele mai des utilizate la montajul utilajelor din industria chimică și mai ales din rafinării. Se întîlnesc următoarele tipuri constructive:

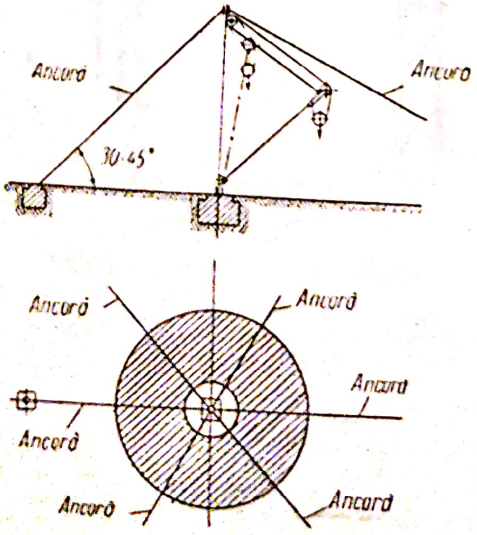


Fig. 29. Schema macaralei rotitoare derrick.

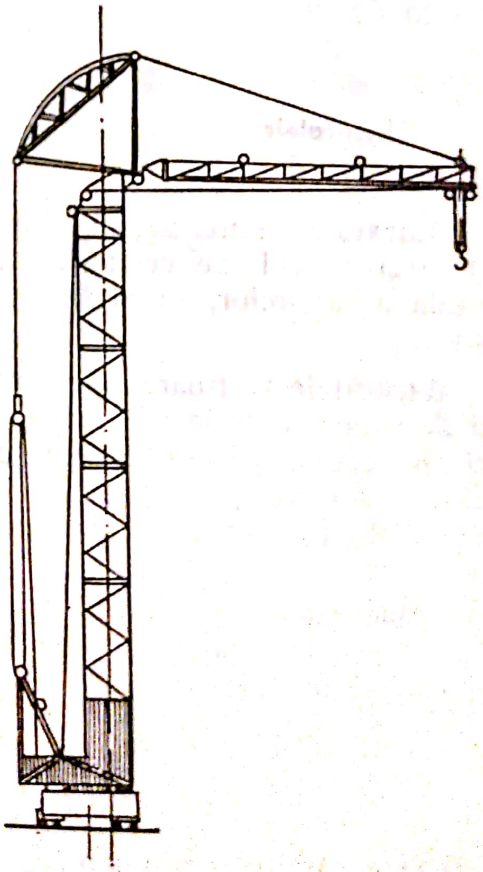


Fig. 30. Schema macaralei turn.

macarale turn, care pot avea brațul oscilant sau fix, pe care rulează un cărucior purtător de sarcină (fig. 30) ;

macarale pe șenile, care permit rotirea prin intermediul unei plăci turnante, fixată pe un șasiu cu șenile. Sînt acționate cu motor cu ardere internă. Pot lucra pe orice teren și se utilizează pentru sarcini mari și înălțimi de ridicare mari ;

macarale pe roți care sînt tot macarale rotitoare pe placă turnantă, montate pe șasiu cu roți pe pneuri. Acestea permit o deplasare rapidă și sînt utile pentru creșterea productivității. Acționarea macaralei se face de la motorul mașinii sau de la un motor propriu al macaralei.

2. Utilaje de transportat

Deplasarea utilajelor tehnologice și a materialelor se efectuează cu utilaje de transportat, dintre care cele mai des utilizate sînt :

a. Tractoarele și remorcherele

Acestea se utilizează pentru remorcarea mijloacelor purtătoare de sarcini sau direct la cîrlig. Ele sînt mașini cu mare putere de tracțiune care au dispozitive de rulare de tip șenilă sau cu pneuri cu profiluri foarte adînci.

b. Remorcile

Pot fi :

— cu un singur ax, care se folosesc atașate la camioane ;

— cu două axe, tractate de tractoare sau camioane ;

— cu două sau mai multe axe și un număr mare de pneuri, cu capacitate de transport pînă la 40 tf și chiar mai mult, folosite pentru transportul utilajelor tehnologice grele sau cu gabarit depășit.

G. RECONDIȚIONAREA UTILAJELOR

1. Generalități

Piesele mașinilor și utilajelor din industria chimică și rafinării se uzează și se modifică în timpul exploatării în permanență sub influența solicitărilor exterioare, tensiunilor interioare, coroziunii și eroziunii.

Uzura pieselor duce la modificări ale dimensiunilor și formei pieselor, la schimbarea proprietăților mecanice, structurale și chimice.

Cînd uzura depășește o anumită limită determinată de destinația pieselor în mașină sau aparat, piesele uzate trebuie înlocuite sau recondiționate.

Repararea utilajelor se face în următoarele etape:

- demontarea mașinilor și stabilirea pieselor deteriorate;
- repararea pieselor deteriorate;
- asamblarea subansamblurilor și mașinilor;
- încercarea mașinilor și aparatelor.

2. Controlul pieselor în vederea recondiționării

După demontarea și spălarea pieselor, ele se supun unui control pentru stabilirea definitivă a degradărilor acestora, se apreciază starea fiecărei piese, gradul de modificare a dimensiunilor, proprietăților materialului etc.

Defectele principale ale pieselor și îmbinării acestora, care se pot constata la control sînt următoarele:

- pierderea dimensiunilor inițiale. Acest defect se constată pe baza măsurătorilor cu șublere, micrometre etc.;
- pierderea formei geometrice normale (conicitate, ovalitate, încovoiere, torsionare);
- modificarea durității stratului superior, care se determină cu pila;
- coroziune, topire, eroziune care se observă cu ochiul liber;
- fisuri, găuri, scobituri.

3. Metode de recondiționare

Recondiționarea pieselor care și-au pierdut exactitatea dimensiunilor și a formei geometrice din cauza uzurii mecanice sau ca urmare a unor avarii se poate face prin diferite metode ca:

- prelucrarea la dimensiuni de reparație;
- metalizarea;
- încărcarea prin sudare;
- recondiționarea prin turnare; încărcarea prin metode electrochimice (cromarea, încărcarea electrolitică cu oțel).

Scanned with OKEN Scanner

a. Prelucrarea pieselor la dimensiuni de reparaţie

Un subansamblu se poate *recondiţiona total* cînd piesele uzate se înlocuiesc cu piese noi la cotele iniţiale.

În multe cazuri subansamblul se poate *recondiţiona parţial* prin prelucrarea uneia din piesele ajustajului şi executarea celeilalte piese în concordanţă cu dimensiunile piesei prelucrate, astfel ca să se respecte ajustajul iniţial.

Această metodă se utilizează în cazul cînd una din piese este mai scumpă decît cealaltă şi are suficient adaos pentru prelucrările mecanice.

Exemple: la arborele din lagărele de alunecare se polizează fusul care stă în lagăr şi lagărul se înlocuieşte; cilindrii motoarelor cu explozie sau ai pompelor cu piston se polizează şi se schimbă pistoanele cu altele la noul diametru.

Numărul unor asemenea recondiţionări parţiale este limitat de adaosul de prelucrare al piesei care nu se schimbă.

b. Metalizarea

Metalizarea este operaţia de încărcare a pieselor prin pulverizarea pe suprafaţa acestora a unui metal topit în jet de aer comprimat.

Instalaţia de metalizare se compune dintr-un pistol de metalizare în care se află dispozitivele de alimentare, încălzire şi pulverizare.

Alimentarea se face fie cu sîrmă, fie cu pulbere, iar sursa de topire este arcul electric, curenţii de înaltă frecvenţă sau gazele.

Picăturile de metal topit sînt antrenate de jetul de gaz sau aer comprimat şi se îndreaptă către suprafaţa care trebuie recondiţionată la care aderă după lovire. Viteza picăturilor este de 120 la 200 m/s.

Adeziunea dintre picăturile de metal şi piesă se explică prin procese molecular-mecanice ce au loc la suprafaţa piesei şi anume prin forţa mare a loviturii.

Proprietăţile fizico-mecanice ale stratului depus prin metalizare:

Aderenţa stratului de metal pulverizat este mai scăzută decît aderenţa intermoleculară obţinută prin sudare sau turnare.

Calitatea aderenţei creşte acţionînd asupra următorilor factori:

Pregătirea suprafeţei care constă în curăţirea şi asperizarea ei. Mărimea asperităţii se obţine prin răzuire sau la piese tip arbore prin şanţuri inelare sau filet teşit.

Preîncălzirea pieselor la 200 pînă la 250°C, operaţie indicată în cazul pieselor supuse în exploatare la momente mari de torsiune sau frecare şi la pulverizarea aluminiului pe oţel care are aderenţa mai scăzută.

Stabilirea valorilor optime pentru :
– tensiunea şi intensitatea arcului electric (25 la 30 V respectiv 100 la 120 A) ;
– presiunea aerului (4 la 5 kgf/cm²) ;
– distanţa de la duză la suprafaţa piesei (75 la 100 mm).

În baza datelor practice s-au obţinut următoarele valori pentru gradul de aderenţă :
– oţel pe oţel între 30 şi 40 kgf/cm² ;
– oţel pe fontă între 70 şi 100 kgf/cm² ;
– bronz pe oţel şi fontă între 50 şi 60 kgf/cm² ;
– aluminiu pe oţel şi fontă între 20 şi 25 kgf/cm² ;
– zinc pe oţel şi fontă între 50 şi 60 kgf/cm².

Stratul de metal depus prin metalizare este relativ poros, în consecinţă grosimea minimă a stratului depus va fi de 0,3 mm pentru oţeluri şi 0,2 mm pentru metale uşor fuzibile.

Rezistenţa la uzură a suprafeţelor metalizate creşte cu 30 pînă la 50% peste rezistenţa la uzură a materialului folosit pentru metalizare (topit).

Rezistenţa la coroziune mai mică faţă de sîrma metalică topită (faţă de metalul iniţial).

c. Încărcarea prin sudare

Este depunerea de straturi succesive de metal pe suprafaţa piesei. Prin această operaţie se topeşte nu numai metalul de adaos ci şi stratul superficial al piesei care se încarcă.

Această metodă are următoarele avantaje faţă de metalizare :
– aderenţa între stratul depus şi metalul de bază mult mai mare, practic aceeaşi rezistenţă cu a metalului de bază şi deci se readuce piesa nu numai la forma iniţială ci şi la rezistenţa iniţială ;
– nu necesită utilaje speciale ;
– stratul depus este foarte rezistent la uzură.

Încărcarea prin sudură are şi dezavantaje :
– pot apare uşor deformaţii ale piesei datorită sudurii şi trebuie luate măsuri speciale pentru a le micşora ;
– apar tensiuni interne în material, care pot duce la fisuri, structură fragilă etc.

d. Metodele electrochimice de recondiţionare a pieselor

Se realizează prin depunerea unui strat metalic pe suprafaţa uzată.

Cromarea este foarte des utilizată deoarece asigură o duritate şi o rezistenţă la uzură mare şi are proprietăţi antifricţiune.

Scanned with OKEN Scanner

Grosimea stratului este de 0,25–0,5 mm.

Cromarea se poate realiza în două variante:

Încărcarea densă cu crom care se recomandă pentru piesele ce se uzează mai ales datorită acțiunii abrazive și corosive a mediului de lucru cum este cazul fusului și inelelor de etanșare ale armăturilor și plungerelor pompelor cu piston.

Încărcarea se face în băi cu soluție de CrO_3 și H_2SO_4.

Suprafața piesei se pregătește în vederea încărcării prin:

– rectificare pentru stabilirea formei;
– degresare în soluții bazice;
– izolarea părților care nu trebuie cromate cu pelicule de lac sau foi de PCV;
– decapararea electrolitică;
– spălarea în curent de apă rece.

După cromare se trece la:

– spălarea în baie de apă și apoi cu jet de apă;
– uscare;
– rectificare și lustruire.

Încărcarea cu un strat poros de crom se realizează în cazul pieselor cu frecare prevăzute cu ungere.

Stratul poros de crom se obține prin introducerea după cromarea dură a unei operații de corodare anodică.

Încărcarea electrolitică cu oțel se recomandă în cazul uzurilor mai înaintate (peste 0,5 mm) la care nu se mai poate aplica cromarea.

Se obține o suprafață destul de dură.

În cazul reparării pieselor cu adîncimi de uzură mari, la care este nevoie de rezistență mare la coroziune, se poate aplica metoda combinată de încărcare cu oțel și cromare.

Întrebări recapitulative

1. Ce metode de asamblare cunoașteți ?
2. Ce se înțelege prin sudabilitatea metalelor și aliajelor ?
3. Ce tensiuni și deformații apar datorită sudării ?
4. De ce este necesar să se țină seama la organizarea locului de muncă ?
5. Care sînt problemele generale de montaj ?
6. Ce metode de recondiționare a utilajelor cunoașteți ?

A. CLASIFICAREA CONDUCTELOR. DIMENSIUNI NOMINALE ALE CONDUCTELOR

1. Generalități

Prin *conductă* se înțelege totalitatea elementelor asamblate pe un traseu anumit, care închide un spațiu determinat, prin care se face transportul și distribuția materialelor fluide sau fluidizate.

Transportul fluidului, între două puncte pe traseul conductei, se realizează datorită unei diferențe de potențial energetic (de cele mai multe ori diferența de presiune a fluidului între cele două puncte considerate) care permite deplasarea acestuia spre punctul cu potențial mai mic.

Fluidele pot umple total sau parțial secțiunea conductei. În cazul în care perimetrul interior al conductei este *udat* parțial de fluidul vehicular, intervine noțiunea de *canal*.

Elementele din care se compun conductele sînt următoarele: tubulatura (care reprezintă elementul principal), piesele fasonate, compensatoarele de dilatație, armăturile de conductă și dispozitivele de rezemare.

Legătura dintre diferitele elemente ale conductei, se realizează printr-unul din următoarele tipuri de îmbinări: sudate, lipire, filetate, cu mufe, cu flanșe etc.

2. Clasificarea conductelor

Clasificarea conductelor se face ținînd seama de următoarele criterii:
- după natura materialului tubulaturii;
- după presiunea și temperatura fluidului transportat;
- după proprietățile fizice și chimice ale fluidului transportat;
- după caracteristicele constructive ale conductei;
- după destinația conductelor;
- după modul de amplasare.

Conductele care leagă diferitele utilaje ce sînt necesare într-un proces tehnologic, atît în industria chimică cît și în rafinăriile de petrol, poartă denumirea de *conducte tehnologice*.

Alegerea materialului din care sînt executate conductele tehnologice, reprezintă una din problemele de bază, care trebuie să stea în atenţia constructorilor.

3. Mărimile nominale ale conductelor

Mărimile nominale ale conductelor sînt următoarele:
- diametrul nominal (D_n);
- presiunea nominală (P_n).

a. Presiunea nominală

Presiunea nominală este presiunea convenţională, exprimată în kgf/cm², care constituie un criteriu pentru clasificarea şi calculul armăturilor şi pieselor de legătură ale conductelor şi reprezintă presiunea maximă la care se pot folosi armăturile şi piesele de legătură ale conductelor la prima treaptă de temperatură de utilizare a acestora (pînă la 200°C pentru oţel, pînă la 120°C pentru fontă, bronz şi alamă).

Prin armătură sau piesă de legătură din oţel, bronz sau alamă se înţelege armătura cu corpul şi cînd este cazul şi cu capacul, din materialul respectiv.

Ca temperatură a fluidului se consideră temperatura maximă de regim, fără să se ţină seama de abateri de scurtă durată permisă de standardele, instrucţiunile sau normele interne respective.

Au fost standardizate următoarele trepte de presiune nominală: 1; 2,5; (4); 6; 10; 16; 25; 40; 64; 100; 160; (200); 250; (320); 400; (500); 640; (800); 1 000*.

În anexa I sînt date *presiunile maxime de lucru* la funcţionarea în regim, în funcţie de presiunile nominale şi temperatura maximă de lucru.

Se observă că pentru o valoare P_n dată, presiunea maximă de lucru scade o dată cu creşterea temperaturii de lucru, ceea ce este explicabil, deoarece capacitatea portantă a materialelor scade cu creşterea temperaturii.

b. Diametrul nominal

Este un număr convenţional (fără dimensiune), care serveşte pentru indicarea univocă a mărimii diferitelor elemente ale conductelor, care se racordează între ele. Valoarea lui numerică reprezintă cu aproximaţie dimensiunea în mm a diametrului interior efectiv al elementului de conductă respectiv.

* Valorile din paranteze nu sînt recomandate.

Scanned with OKEN Scanner

Diametrul nominal se notează cu simbolul D_n urmat de valoarea numerică respectivă. Este standardizat în mm.

În continuare se dau cîteva trepte de diametre nominale standardizate: 3; 6; 10; 15; 20; 25; 32; 40; 50; 65; 80; 100; 125; 150; 200; 250; 300; 350; 400; 500; 600; ... 4 000 mm.

B. TUBULATURA CONDUCTELOR. ȚEVI ȘI TUBURI

Dintre elementele care compun conductele, cel mai important este *tubulatura*, formată din țevi sau tuburi, ce separă spațiul prin care circulă fluidul, de mediul înconjurător.

Materialul de bază al tubulaturii, constituie criteriul principal de clasificare al acestuia. De exemplu: tubulatura metalică (feroasă și neferoasă) și nemetalică (anorganică și organică).

Conductele tehnologice au în majoritate secțiunea transversală circulară. În cazuri speciale pot avea secțiunea dreptunghiulară, eliptică, ovoidală sau alungită.

Forma circulară este cea mai avantajoasă deoarece poate fi executată mai ușor; la aceeași presiune hidraulică a fluidului are cea mai favorabilă stare de tensiuni și asigură debitul maxim al fluidului (la viteză constantă) pentru un perimetru dat al peretelui.

Țevile sînt piese în formă de cilindru, goale la interior, cu lungimea mare în raport cu diametrul, folosite pentru transportul corpurilor fluide. Pot fi executate din diferite calități de oțeluri, alame, materiale plastice etc.

Țevile din oțel se clasifică, după modul de fabricație în:

- țevi sudate;
- țevi nesudate.

Țevile de oțel sudate au avantajul că se execută mai ușor și mai exact decît cele nesudate, iar consumul de metal este mai mic. Aceste țevi se fabrică din fîșii de tablă sau din platbande drepte și roluite.

Operațiunile de fabricare a acestor țevi sînt mecanizate și decurg în modul următor: formarea tubului, sudarea propriu-zisă și calibrarea.

Țevile de oțel nesudate se execută prin procedee mai complicate și mai scumpe, însă au o rezistență mai bună decît cele sudate. Se fabrică prin laminare la cald sau laminare la rece.

Laminarea la cald cuprinde două etape:

- găurirea unui lingou, pentru obținerea unui tub cu pereți groși;
- laminarea tubului, în țevi cu pereți subțiri.

Scanned with OKEN Scanner

Fiecare etapă poate fi executată prin mai multe sisteme și cu aparatură diferită.

În țara noastră, țevile de oțel fără sudură sînt standardizate după destinația lor. Pentru industria petrolieră standardele se referă la țevi fără sudură de oțel carbon netede și filetate la capete, cu diametre între 60,3 și 164,5 mm.

Țevile folosite în industria chimică și rafinării se execută din:

– oțeluri carbon calitățile OLT 32, OLT 35, OLT 45, OLT 55 și OLT 65. Dintre acestea se sudează în mod curent numai primele trei calități. Celelalte se asamblează numai prin filetare;

– oțeluri aliate pentru țevi OAT 1, OAT 2, OAT 3, OAT 4 și OAT 5, care sînt toate oțeluri sudabile.

Aceste oțeluri au rezistențe mecanice mai mari și sînt mai recomandate în special pentru transportul lichidelor la temperatură ridicată;

– oțeluri inoxidabile de tipul 18,8 folosite la transportul fluidelor agresive (corosive).

Țevile din metale neferoase (cupru, alamă, aluminiu) se fabrică în general prin presare sau prin tragere.

Țevile din materiale nemetalice (azbociment, PCV, lemn etc.) sînt destinate conductelor de apă, canalizărilor, transportării amestecurilor frigorifice din instalațiile frigotehnice, precum și a soluțiilor chimice.

În prezent se utilizează pe scară din ce în ce mai mare țevile din PCV (policlorură de vinil).

Ele se fabrică pe mașini de extrudere la temperaturi de 160 pînă la 170°C și pot fi folosite, în funcție de temperatura fluidului și dimensiunile țevii, de la 1 pînă la 10 kgf/cm².

Tuburile sînt piese în formă de cilindru, goale în interior, cu lungimea oarecum mică în raport cu diametrul exterior, executate din fontă, ceramică,

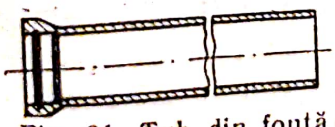


Fig. 31. Tub din fontă cu mufă.

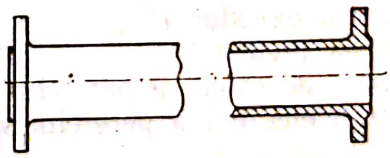


Fig. 32. Tub din fontă cu flanșă.

beton, beton armat, anumite materiale plastice etc., într-un cuvînt din materiale casante folosite pentru conductele de apă sub presiune, în rețelele de canalizare pentru evacuarea apelor reziduale.

Tuburile de fontă se fabrică:

– cu mufe (figura 31);

– cu flanșe (figura 32).

Scanned with OKEN Scanner

C. CALCULUL DE REZISTENŢĂ AL ŢEVILOR SUPUSE LA PRESIUNE INTERIOARĂ

Pentru înţelegerea calculului de rezistenţă al ţevilor de oţel supuse la presiune interioară, este necesar să se cunoască legătura între dimensiunile constructive ale acestora, solicitările la care sînt supuse şi eforturile unitare care apar în material.

Dimensionarea elementului se face pentru principala solicitare a acestuia, care de cele mai multe ori este presiunea exercitată din interiorul sau exteriorul său.

Din punctul de vedere al procedeelor de calcul se deosebesc trei cazuri obişnuite:

- ţevi cu pereţi subţiri supuse la presiune interioară;
- ţevi cu pereţi subţiri supuse la presiune exterioară;
- ţevi cu pereţi groşi supuse la presiune interioară.

Prin conducte cu pereţi subţiri, se înţeleg acele conducte care îndeplinesc condiţia:

$$\frac{D_e}{D_i} \leqslant 1{,}1; \qquad (15)$$

Conductele cu pereţi groşi fiind acelea care îndeplinesc condiţia:

$$\frac{D_e}{D_i} > 1{,}1. \qquad (16)$$

Conductele utilizate în industria chimică şi în rafinării se încadrează în categoria ţevilor cu pereţi subţiri supuse la presiune interioară, de aceea se vor studia procedeele de calcul specifice acestui tip de solicitare a ţevii.

Elementele necesare dimensionării tubulaturii sînt următoarele:

- diametrul interior D_i;
- diametrul exterior D_e;
- lungimea ţevilor l;
- grosimea de calcul a peretelui s;
- grosimea efectivă a peretelui s_1.

1. Eforturi unitare tangenţiale

Într-un tronson de ţeavă, de dimensiuni cunoscute, supus la presiunea interioară p apar următoarele forţe care tind să rupă ţeava.

Asupra jumătăţii inferioare a ţevii de sub planul H (fig. 33) acţionează rezultanta forţelor date de presiunea interioară şi anume:

$$P_1 = p \cdot D_i \cdot l \quad [\text{kgf}] \qquad (17)$$

în care:

p este presiunea interioară, în kgf/cm²;

D_i – diametrul interior, în cm;

l – lungimea țevii, în cm.

Această forță tinde să despice țeava pe generatoare după suprafața hașurată obținută prin secționarea țevii cu planul H.

Rezistența materialului se opune însă la această despicare a țevii cu o forță egală cu forța P_1, dată de presiunea interioară.

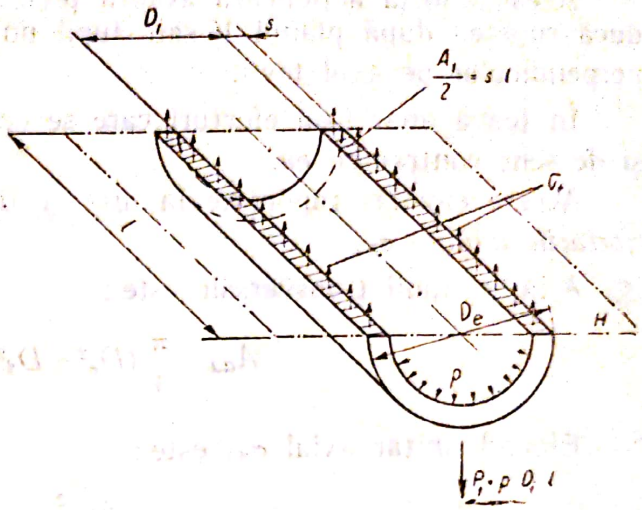


Fig. 33. Schema de calcul pentru eforturile unitare tangențiale.

Efortul unitar σ_t va fi egal tocmai cu forța P_1 raportată la suprafața secțiunii țevii A_1:

unde:

$$A_1 = 2\,s\,l \quad [\text{cm}] \tag{18}$$

A_1 este aria secțiunii longitudinale a țevii, în cm²;

s – grosimea țevii, în cm.

$$\sigma_t = \frac{P_1}{A_1} = \frac{p \cdot D_i \cdot l}{2 \cdot s \cdot l} = \frac{p \cdot D_i}{2 \cdot s} \quad [\text{kgf/cm}^2]$$

deci:

$$\sigma_t = \frac{p \cdot D_i}{2 \cdot s} \quad [\text{kgf/cm}^2] \tag{19}$$

2. Eforturi unitare axiale

Dacă țeava (fig. 34) este închisă la capete (printr-un capac sudat, flanșă oarbă etc.), presiunea p din interior va tinde să rupă țeava după secțiunea obținută prin intersecția țevii cu planul V.

Forța pe care o dezvoltă presiunea pe direcția axului este:

$$P_{ax} = p \cdot \frac{\pi \cdot D_i^2}{4} \quad [\text{kgf}] \tag{20}$$

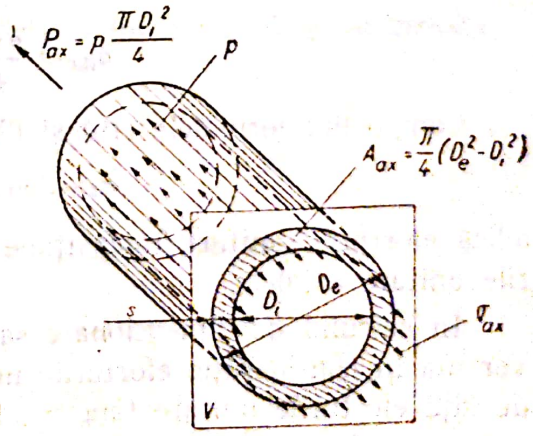


Fig. 34. Schema de calcul pentru eforturile unitare auxiliare

Această forță acționează asupra țevii și tinde să o lungească și să producă ruperea după planul V sau după un plan paralel cu acesta, respectiv perpendicular pe axul țevii.

În țeavă apar însă eforturi care se opun acestei forțe P_{ax} și sînt egale și de sens contrar cu ea.

Aceste eforturi raportate la aria secțiunii transversale a țevii A_{ax} *dau eforturile unitare* σ_{ax}.

Aria secțiunii transversale este :

$$A_{ax}=\frac{\pi}{4}(D_e^2-D_i^2) \quad [\text{cm}^2] \tag{21}$$

Efortul unitar axial σ_{ax} este :

$$\sigma_{ax}=\frac{P_{ax}}{A_{ax}}=\frac{p\cdot\frac{\pi D_i^2}{4}}{\frac{\pi}{4}(D_e^2-D_i^2)}=p\cdot\frac{D_i^2}{D_e^2-D_i^2}=$$

$$=p\cdot\frac{D_i^2}{(D_e+D_i)\cdot(D_e-D_i)} \quad [\text{kgf/cm}^2] \tag{22}$$

În cazul țevilor cu pereți subțiri, se poate face aproximația :

$$D_e+D_i\approx 2\ D_i \tag{23}$$

Se observă însă că :

$$D_e-D_i=2\ s \tag{24}$$

formula (22) va deveni :

$$\sigma_{ax}=\frac{p\cdot D_i}{4s} \quad [\text{kgf/cm}^2] \tag{25}$$

Comparînd formulele (19) și (25) se observă că :

$$\sigma_t=2\cdot\sigma_{ax} \quad [\text{kgf/cm}^2] \tag{26}$$

adică eforturile unitare tangențiale sînt de două ori mai mari decît eforturile unitare axiale.

În calculul de dimensionare sau verificare a țevilor cu pereți subțiri se vor lua în considerație eforturile unitare care au valoarea maximă, în cazul de față eforturile unitare tangențiale :

$$\sigma_{max}=\sigma_t=\frac{p\cdot D_i}{2\cdot s} \quad [\text{kgf/cm}^2] \tag{27}$$

Scanned with OKEN Scanner

3. Calculul grosimii țevilor

a. Țevile fără cordoane de sudură

Au $\varphi=1$ și condiția de rezistență va fi :

$$\sigma_{max}=\sigma_t=\frac{p\cdot D_t}{2\cdot s}\leqslant\sigma_{as}=\sigma_a \quad [kgf/cm^2], \tag{28}$$

unde :

σ_a este rezistența admisibilă pentru solicitarea la întindere, în kgf/cm², calculată cu una din formulele 2, 3, 4 sau 5.

Grosimea de calcul (rezistență) a peretelui țevii se determină din formula 28 :

$$s\geqslant\frac{p\cdot D_t}{2\cdot\sigma_a} \quad [cm] \tag{29}$$

b. Țevile cu cordoane de sudură

Au $\varphi\leqslant 1$ și pentru acestea condiția de rezistență va fi :

$$\sigma_{max}=\sigma_t=\frac{p\cdot D_t}{2\cdot s}\leqslant\sigma_{as}=\varphi\cdot\sigma_a \quad [kgf/cm^2], \tag{30}$$

unde σ_{as} este rezistența admisibilă la solicitarea la întindere în sudură, în kgf/cm².

Grosimea de calcul (rezistență) a peretelui țevii sudate se determină cu formula :

$$s\geqslant\frac{p\cdot D_t}{2\cdot\varphi\cdot\sigma_a} \quad [cm] \tag{31}$$

4. Adaosul de coroziune și adaosul tehnologic

a. Adaosul de coroziune

Acea grosime de material care se adaugă la grosimea de calcul (rezistență) a peretelui, pentru a compensa materialul pierdut prin coroziune se numește *adaos de coroziune.*

Scanned with OKEN Scanner

Adaosul de coroziune se poate calcula cu formula:

$$c_1 = W_c \cdot \tau \quad [\text{cm}] \tag{32}$$

unde:

c_1 este adaosul de coroziune, în cm;
W_c – viteza de coroziune, în cm/an;
τ – durata (minimă) de funcționare a utilajului.

Valoarea lui c_1 se stabilește între 0,1 și 0,6 cm pentru oțeluri. În cazul cînd din formula 32 rezultă o valoare mai mare pentru c_1 se recomandă a se folosi un alt material pentru țeavă care să reziste la coroziune.

b. Adaosul tehnologic

Grosimea de material care se adaugă la grosimea de calcul (rezistență) a peretelui, pentru a compensa lipsurile de material datorită elaborării laminatelor la toleranțe negative și pierderile de material datorită prelucrărilor mecanice la rece și în special la cald, se numește *adaos tehnologic*.

Adaosul tehnologic se notează cu c_2.

5. Calculul grosimii totale a pereților țevii

Grosimea totală a peretelui țevii este:

– pentru țevile fără sudură:

$$s_1 = \frac{p \cdot D_i}{2 \cdot \sigma_a} + c_1 + c_2 = \frac{p \cdot D_i}{2 \cdot \sigma_a} + c \quad [\text{cm}] \tag{33}$$

– pentru țevile sudate:

$$s_1 = \frac{p \cdot D_i}{2 \cdot \varphi \cdot \sigma_a} + c_1 + c_2 = \frac{p \cdot D_i}{2 \cdot \varphi \cdot \sigma_a} + c \quad [\text{cm}] \tag{34}$$

unde c este adaosul total.

Valorile s_1 calculate cu formula 33 sau 34 se rotunjesc la valorile standardizate $s_{1\,STAS}$ superioare cele mai apropiate, astfel ca:

$$s_{1\,STAS} \geqslant s_1 \quad [\text{cm}] \tag{35}$$

6. Exerciții

1. Să se calculeze grosimea de calcul (rezistență) s a unei conducte sudate cunoscîndu-se:

$D_i = 400$ mm; $p = 35$ kgf/cm²;
$\sigma_{as} = \cdot \sigma_a = 70$ kgf/cm²

Rezolvare :

Se determină grosimea de calcul s a țevii cu formula 31 :

$$s \geqslant \frac{p\ D_i}{2 \cdot \varphi \cdot \sigma_a} = \frac{35 \cdot 40}{2 \cdot 700} = 1 \text{ cm} = 10 \text{ mm}.$$

2. Să se calculeze adaosul de coroziune c_1 pentru țeava din exemplul precedent cunoscîndu-se că viteza de coroziune este uniformă și egală cu : $W_c = 0{,}03$ cm/an, iar durata de serviciu $\tau = 8$ ani.

Rezolvare :

Adaosul de coroziune c_1 se calculează cu formula 32 :

$c_1 = W_c \cdot \tau = 0{,}03 \cdot 8 = 0{,}24$ cm $= 2{,}4$ mm.

3. Să se calculeze grosimea totală s_1 a peretelui țevii din exemplul 1, cunoscîndu-se că adaosul de coroziune este cel din exemplul 2, iar adaosul tehnologic este nul.

Rezolvare :

$$s_1 = \frac{p \cdot D_i}{2 \cdot \varphi \cdot \sigma_a} + c_1 + c_2 = \frac{35 \cdot 40}{2 \cdot 700} = 0{,}24 + 0 = 1{,}24 \text{ cm}.$$

Valoarea s_1 se rotunjește la :

$s_{1\,STAS} = 1{,}3$ cm $= 13$ mm.

Diametrul exterior al țevii este :

$D_e = D_i + 2\ s_{1\,STAS} = 400 + 2 \cdot 13 = 426$ mm.

D. ÎMBINĂRILE CONDUCTOARELOR. TIPURI DE ÎMBINĂRI PRIN SUDURĂ, PRIN FILET, PRIN FLANȘE

Elementele conductelor se montează prin procedee variate în asamblări rigide numite *îmbinări*, care trebuie să satisfacă o serie de condiții de etanșeitate, rigiditate, stabilitate chimică, rezistență la durabilitate, impuse conductei.

Tipul de îmbinare se alege în funcție de materialele elementelor ce vor fi îmbinate, de siguranța în exploatare, de condițiile de funcționare, de condițiile în care se face montarea, de prețul de cost etc.

Îmbinările pot fi nedemontabile (sudate, lipite sau mandrinate) și demontabile (cu filet, cu mufe, cu flanșe).

1. Îmbinări nedemontabile

a. Îmbinarea prin sudură

Îmbinarea prin sudură, a conductelor, se face după verificarea așezării corecte a elementelor, după ce s-a realizat trasarea elementelor, tăierea și prelucrarea marginilor, curățirea capetelor care se asamblează etc.

Conductele se asamblează prin sudură în următoarele tipuri :

– cap la cap frontală (fig. 35, *a*), cel mai des utilizată, fiind mai ieftină și mai ușor de realizat ;

– cu manșon exterior (fig. 35, *b*), care rigidizează asamblarea și se folosește în special la țevile de diametru mic.

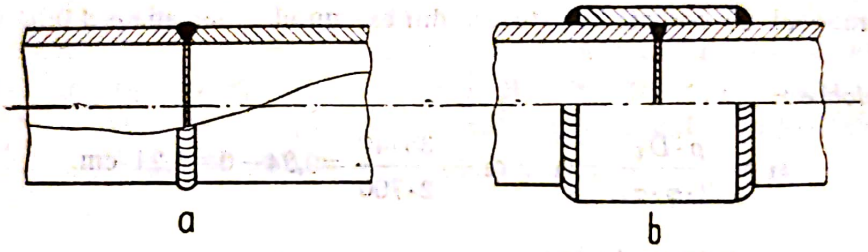


Fig. 35 Tipuri de suduri folosite la asamblarea conductelor.

În afară de procedeele de sudură manual (cu gaze și electric), semiautomat și automat, care se execută așa cum s-a arătat în capitolul II, conductele se mai pot suda cap la cap și cu ajutorul rezistenței electrice de contact pe mașini speciale de mare productivitate.

b. Îmbinări lipite

Îmbinările lipite asigură etanșeitatea îmbinării, precum și rezistența sa, cu ajutorul unui produs diferit de materialul de bază și care face priză cu acesta. Acest produs poate fi metal sau aliaj cu punct de topire mai scăzut decît al materialului de bază, precum și cleiuri sau chituri pentru materialele nemetalice.

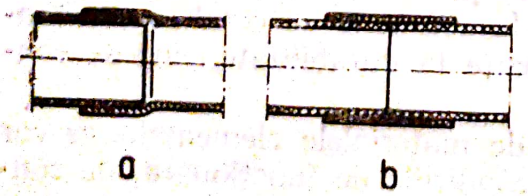


Fig. 36. Îmbinarea prin lipire a țevilor : *a* — tip țeavă pe țeavă ; *b* — tip cu mufă de adaos.

În cazul în care, țevile metalice se îmbină prin lipire, se folosește soluția constructivă din figura 36.

Ca și în cazul sudării, este necesară o curățire îngrijită a suprafețelor care urmează a fi lipite, pentru a fi îndepărtate impuritățile.

Se folosesc pentru lipituri, aliaje pe bază de Sn și Pb (în cazul lipiturilor moi) și pe bază de Cu și Zn (pentru lipituri tari).

În cazul conductelor din PCV, operația de lipire constă în folosirea unui adeziv denumit clei PDC 13, aplicat după curățirea și degresarea suprafețelor de îmbinare.

Tubulatura de lemn se încleiază, iar cea pe bază de faolit și textolit se chituiește cu un chit pe bază de rășină fenolformaldehidică.

La tuburile de beton, îmbinarea se face prin umplerea interstițiului între două elemente cu mortar sau lapte de ciment.

c. Îmbinările mandrinate

Îmbinările mandrinate se utilizează mai puțin pentru asamblarea conductelor, ele utilizîndu-se în special la îmbinarea tuburilor cu coturile de întoarcere de la cuptoarele tubulare utilizate în rafinării. De asemenea se utilizează la asamblarea țevilor în plăcile tubulare ale schimbătoarelor de căldură.

2. Îmbinări demontabile

a. Îmbinările conductelor prin filet

Acestea sînt folosite mai rar și numai acolo unde presiunea este mai joasă, pentru apă, abur, aer comprimat etc.

Îmbinările prin filet presupun posibilitatea filetării capetelor elementelor care se fac de obicei din oțel sau fontă maleabilă.

În cazul în care racordurile sînt prevăzute cu filet interior sau exterior din PCV, materialele se deteriorează repede. Filetul pentru țevi are pasul și adîncimea mai mică decît la cel metric, pentru a nu slăbi peretele țevii. Este standardizat, de formă triunghiulară, cu unghiul la vîrf de 55° (Whitworth), iar dimensiunea lui nominală este exprimată în inch (țoli).

Se mai utilizează și filete conice pentru obținerea unei etanșeități mai bune, însă necesită o prelucrare mai îngrijită și deci este mai costisitor.

În figura 37 este reprezentată îmbinarea țevilor cu mufă filetată.

Filetarea se poate face manual, cu ajutorul filierelor pentru filetul exterior și cu ajutorul burghielor de filetare (tarozilor), în cazul celor interioare. Filetarea țevilor poate fi făcută și pe strunguri universale sau pe mașini speciale de filetat țevi cu o mare productivitate (prin roluire).

Scanned with OKEN Scanner

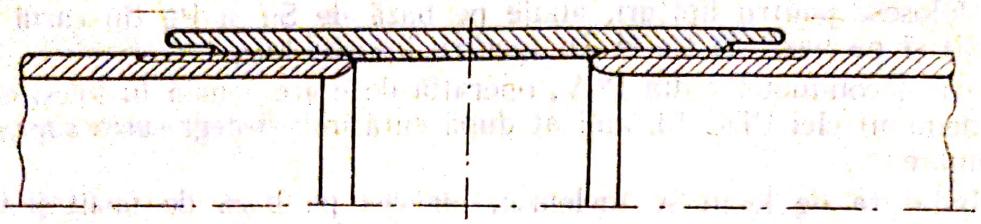


Fig. 37. Îmbinarea ţevilor cu mufă filetată.

Îmbinarea filetată poate fi realizată fie între două elemente principale de conductă, fie prin piese intermediare de legătură (mufe filetate, nipluri etc.).

Etanşeitatea îmbinării poate fi asigurată prin înfăşurarea filetului cu un material fibros. În cazul în care conducta este folosită la transportul apei şi gazelor, se folosesc cîlţi de in unşi cu miniu de plumb sau alb de plumb frecat cu ulei de in fiert. Azbestul este folosit în cazul transportului aburului şi fluidelor calde.

În industria petrolieră, unele îmbinări filetate au un cordon de sudură de etanşare, fiind astfel asigurate suplimentar.

b. Îmbinările prin mufă

Îmbinările prin mufă se realizează prin introducerea unui capăt al unui tub, în capătul mărit (mufa) al celuilalt tub cu care se îmbină, iar în spaţiul inelar dintre acestea se introduce un material de etanşare (fig. 38).

Materialul de etanşare poate fi : cîlţi sau sfoară de cînepă, impregnate cu gudron, care se întroduc în spaţiul inelar, înfăşurîndu-se în spirală în straturi succesive ce se ştemuiesc fiecare în parte. Spaţiul inelar se completează cu aliaj de Sn şi Pb topit.

Forma şi dimensiunile mufelor folosite la îmbinarea tubulaturii de fontă sînt standardizate pînă la presiunea de 10 kgf/cm².

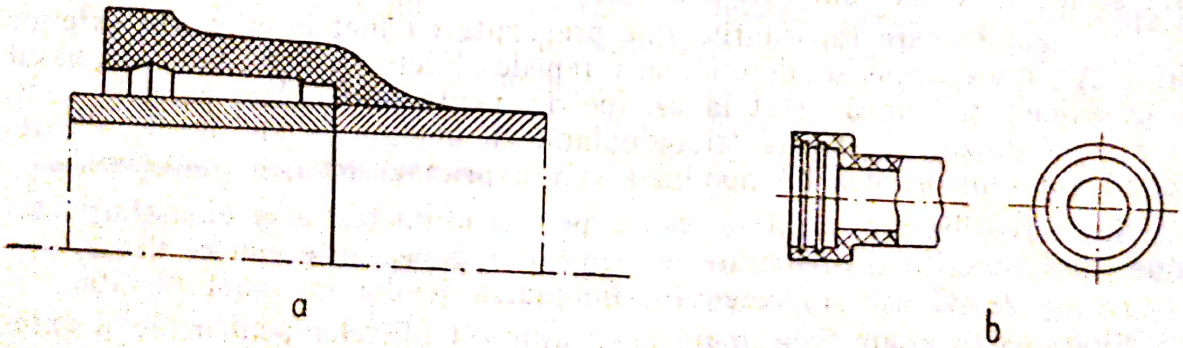


Fig. 38. Îmbinare cu mufă :
a — mufă din fontă ; *b* — mufă din gresie ceramică.

Aceste îmbinări dau posibilitatea păstrării etanșeității în condițiile unor mici devieri de la coaxialitate a elementelor îmbinate; de asemenea îmbinarea nu se desface cu ușurință, însă la presiuni mai mari nu mai prezintă siguranță.

Acest tip de îmbinări este utilizat la instalațiile anexe pentru scurgerea apelor reziduale.

c. Îmbinări prin flanșe

Metoda îmbinărilor prin flanșe este folosită pe scară mare în industria chimică și în rafinării, ceea ce se explică, pe de o parte, prin aceea că o bună parte din armături se fabrică cu flanșe, iar pe de altă parte, prin faptul că flanșele reprezintă una din îmbinările demontabile cele mai sigure în condițiile de funcționare în medii corosive, avînd presiuni și temperaturi mari și care la temperaturi scăzute congelează.

Îmbinările prin flanșe se utilizează:

– la montarea conductelor;
– la montarea armăturilor de dimensiuni și presiuni mijlocii și mari;
– la montarea fitingurilor de dimensiuni mijlocii și mari;
– în construcția aparatelor.

Elementele componente ale unei îmbinări prin flanșe sînt reprezentate în figura 39.

Flanșele sînt elemente constructive, care oferă o suprafață plană de așezare a garniturii inelare și permit realizarea strîngerii pentru asigurarea etanșeității. Strîngerea se realizează cu ajutorul șuruburilor. Forma constructivă și materialul de execuție, depind de presiunea, temperatura și natura fluidului.

Flanșele pot fi clasificate astfel:

După *metoda de prindere sau de fixare la conductă* se deosebesc următoarele tipuri de flanșe:

– turnate cu corpul (fig. 40, *a*);
– sudate de țeavă (sudură cap la cap fig. 40, *b* sau de colț fig. 40 *c*);
– filetate (fig. 40,*d* și *e*);
– libere pe țeavă (răsfrîntă fig. 40,*f*) sau cu inel sudat (fig. 40,*g*).

După *tipul suprafeței de etanșare* se întîlnesc flanșe cu suprafețe:

– plane (cu sau fără prag fig. 41,*a* și *b*);

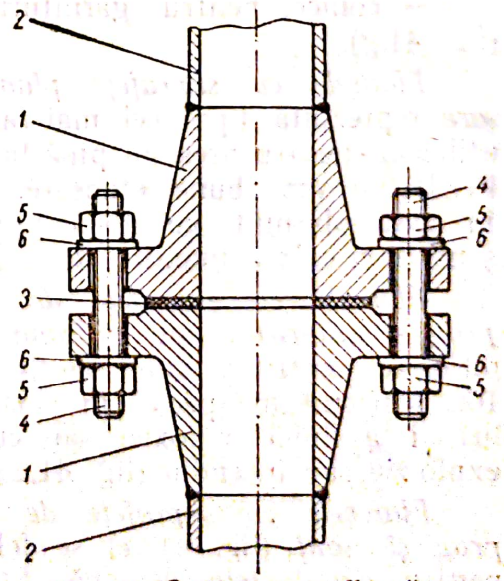


Fig. 39. Îmbinare cu flanșă:
1 — flanșe; 2 — țevi; 3 — garnitură de etanșare; 4 — șuruburi; 5 — piulițe 6 — șaibe.

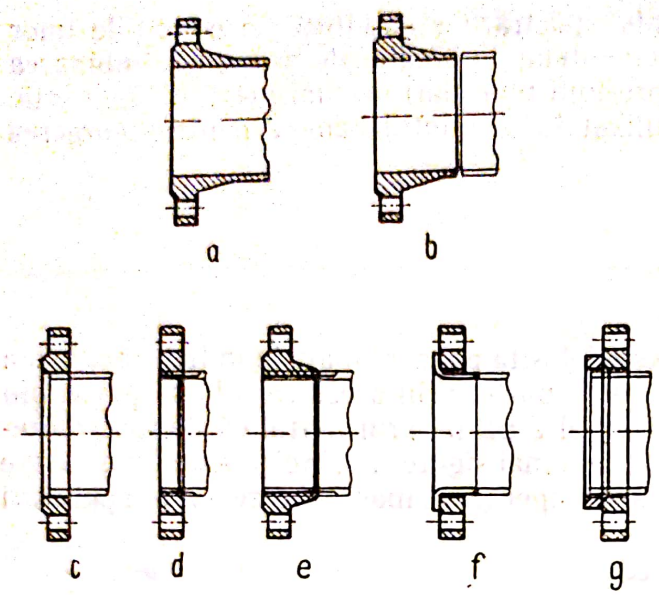


Fig. 40. Tipuri de îmbinări ale flanșelor cu elementele de conductă.

— cu canal și pană (fig. 41,*c*);
— cu prag și adîncitură (fig. 41,*d*);
— cu prag și șanț (fig. 41,*e*);
— cu șanț pentru garnituri inelare metalice (fig. 41,*f*);
— conice, pentru garnituri lenticulare (fig. 41,*g*).

Flanșele cu suprafețe plane de etanșare reprezintă tipul cel mai răspîndit și se utilizează pentru presiuni pînă la 25 kgf/cm². Pentru o mai bună etanșare, se execută în mod obișnuit cu două pînă la patru șanțuri circulare numite *rile*.

Flanșele cu suprafețe de etanșare cu prag și adîncitură sau *cu canal și pană* se folosesc pentru presiuni de la 10 pînă la 100 kgf/cm² în special în cazul vacuumului și a fluidelor toxice sau cu pericol de explozie sau incendiu (fig. 41,*c* și *d*).

Flanșele cu suprafețe de etanșare cu prag și șanț (fig. 41, *e*) se folosesc numai pentru conductele de apă. Sînt utilizate rar, din cauza prelucrării mai complicate pe care o necesită.

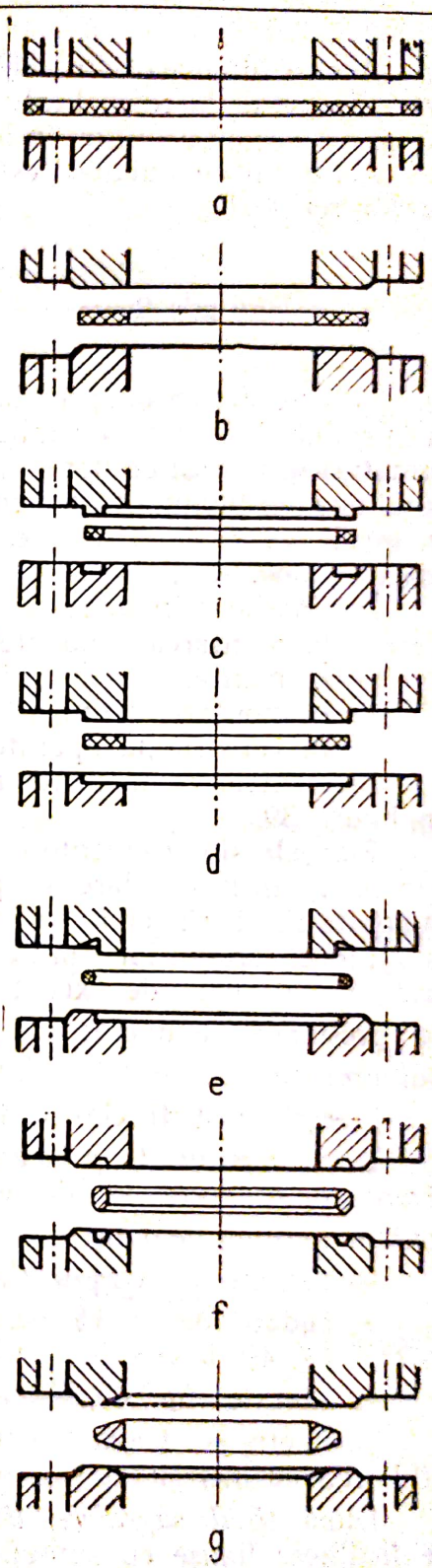


Fig. 41. Suprafețe de etanșare ale flanșelor.

Flanşele cu şanţ pentru garnituri inelare metalice şi pentru garnituri lenticulare, nu sînt standardizate la noi, dar sînt recomandate pentru presiuni mai mari de 64 kgf/cm².

După forma constructivă se deosebesc :

– flanşe plate (fig. 40, *c* şi *d*) ;
– flanşe cu gît (fig. 40, *b*) ;
– flanşe cu guler (fig. 40, *e*).

Flanşele plate sudate (fig. 40, *c*) se execută uşor şi se pot asambla simplu, ceea ce permite o mare utilizare şi un preţ de cost redus.

Flanşele cu gît (fig. 40, *b*) sînt caracteristice temperaturilor mari şi presiunilor nominale de 40, 64, 100, 160, 250, 300, 600 şi 1 000 kgf/cm². Este cel mai retistent tip de flanşe. Se fixează de conductă prin sudură sau sînt dintr-o bucată de conductă. Se confecţionează prin forjare, matriţare sau turnare.

Flanşele cu guler (fig. 40, *e*) se îmbină prin filetare cu ţeava şi uneori se adaugă un cordon de sudură pentru o mai bună etanşare.

După *forma geometrică se* împart în :

– flanşe circulare (fig. 42, *a*) ;
– flanşe ovale (fig. 42, *b*) ;
– flanşe pătrate (fig. 42, *c*) ;
– flanşe triunghiulare (fig. 42, *d*).

Flanşele circulare constituie marea majoritate a flanşelor utilizate în practică.

După *materialul din care pot fi executate* flanşele se deosebesc :

– flanşe din oţel (laminat sau turnat) ;
– flanşe din fontă ;
– flanşe din metale neferoase ;
– flanşe din nemetale.

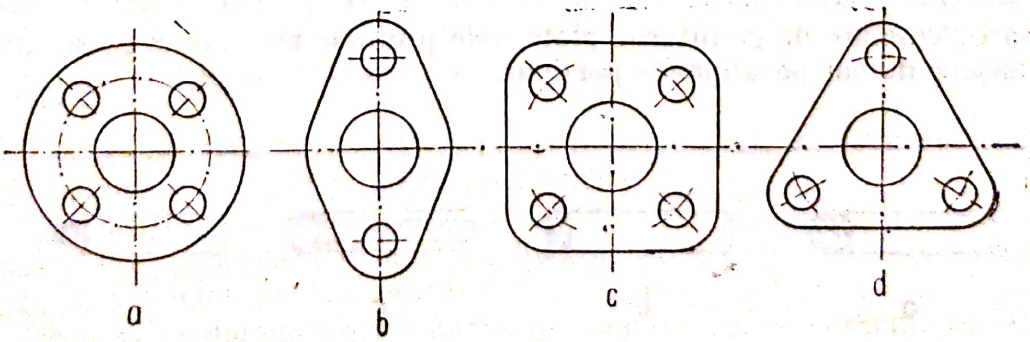


Fig. 42. Forme geometrice de flanşe.

Este necesar ca la alegerea materialului din care sînt făcute flanșele să se țină seama de coroziunea fluidului transportat, de caracteristicile lui chimice și mecanice, de procesul tehnologic și de montaj.

Clasificarea flanșelor după dimensiuni este standardizată în raport cu treapta de presiune considerată și mărimea diametrului.

Presiunile nominale P_n standardizate sînt cuprinse între 1 și 1 000 kgf/cm², iar dimensiunile nominale D_n sînt cuprinse între 10 și 1 000 mm.

d. Garniturile

Garniturile sînt destinate etanșării îmbinărilor prin flanșe. Sînt mai moi decît suprafețele de etanșare și realizează umplerea interstițiilor care se găsesc pe suprafețele acestora, în scopul asigurării unei etanșeități la îmbinare, cu eforturi mai mici de strîngere.

Pentru ca o garnitură să poată fi considerată bună, trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

— să posede proprietăți elastice și plastice, superioare materialului din care sînt executate suprafețele de etanșare;

— să mențină proprietățile respective un timp cît mai îndelungat, în condițiile exploatării;

— să nu producă deteriorarea suprafețelor de etanșare prin acțiuni mecanice, chimice și electrochimice.

Garniturile sînt standardizate după forma suprafețelor de așezare în:

— *garnituri plate*, folosite la presiuni convenționale de pînă la 16 kgf/cm² și la temperaturi pînă la 300°C (fig. 43);

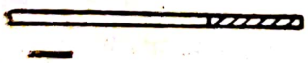


Fig. 43 Garnitură plată

— *garnituri profilate* (fig. 44) folosite la presiuni și temperaturi mai mari decît cele la care se folosesc garniturile plate. Profilul acestor garnituri în secțiune poate fi: rotund (fig. 44,*a*), oval (fig. 44,*b*) octogonal (fig. 44, *c*) sau lenticular (fig. 44, *d*).

Spre deosebire de garniturile plate, cele profilate au contact cu suprafețele de etanșare numai pe anumite porțiuni.

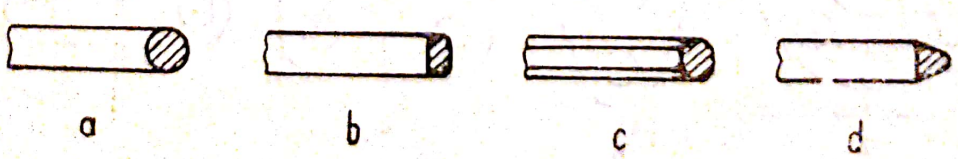


Fig. 44. Garnituri profilate.

Alte forme de garnituri nestandardizate sînt reprezentate în figura 45 :

– metalice ondulate (fig. 45, *a* și *b*) ;

– azbometalice ondulate (fig. 45, *c*) ;

– azbometalice cu bandă în spirală (fig. 45, *d*) ;

– azbometalice plane (fig. 45, *e* și *f*) ;

– azbometalice zimțate (fig. 45, *g*) ;

– metalice zimțate (fig. 45, *h* și *i*).

Forma secțiunii transversale a garniturii depinde de materialul utilizat și de condițiile de lucru.

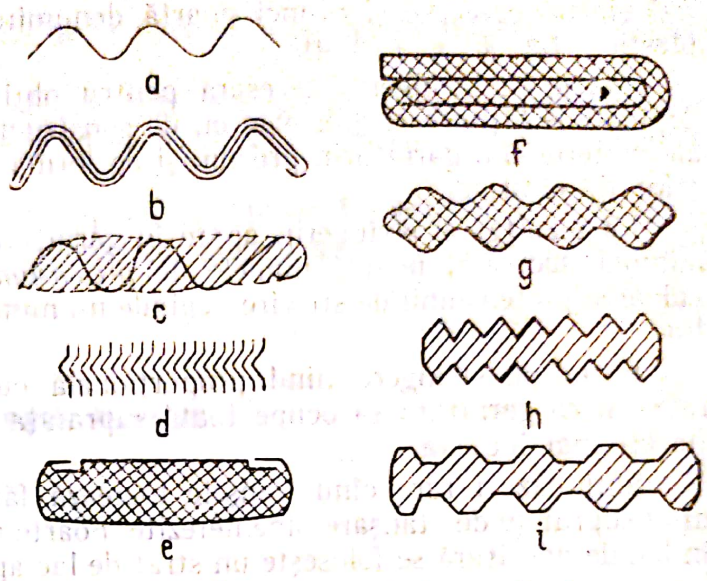


Fig. 45. Alte tipuri de garnituri.

Cu toate că greutatea și prețul de cost al garniturii constituie o valoare foarte mică din greutatea și costul utilajului, este de dorit ca materialul pentru garnituri să fie accesibil și ieftin.

Materialele utilizate pentru executarea de garnituri sînt : fibrele de cînepă, cartonul, cauciucul, clingheritul, azbestul, cuprul, alama, aluminiul, monelul, oțelurile carbon, oțelurile speciale etc.

Fibrele de cînepă și carton îmbibat se folosesc pentru conducte unde se transportă apă și fluide inofensive, pînă la presiuni de 4 kgf/cm² și temperatură de 120°C.

Cauciucul simplu sau cu umplutură se utilizează în cazul fluidelor care nu-l dizolvă pînă la temperaturi de cel mult 130°C.

Clingheritul este folosit pentru executarea garniturilor care să lucreze la temperaturi de pînă la 450°C și presiuni pînă la 50 kgf/cm².

Cartonul de azbest, cu grosimea de 3 mm, executat din sorturi antiacide de azbest se folosește pentru presiuni pînă la 25 kgf/cm² și temperaturi pînă la 500°C.

La aparatele și conductele de înaltă presiune (instalațiile de cracare termică sau catalitică) se folosesc garnituri metalice.

În ultima vreme se utilizează pe scară tot mai mare polimerii (rășinile poliamidice, polietilena și mai ales fluoroplastul) care s-au dovedit a fi materiale foarte bune pentru garnituri.

Aceste materiale sînt folosite fie singure pentru executarea așa-numitelor garnituri *plate* simple și *dure* (în cazul materialelor metalice), fie pentru realizarea unei carcase metalice sau din material plastic, umplută cu un mate-

rial elastic oarecare şi atunci poartă denumirea de garnituri mixte (metaloplastice, fig. 45 *e*, *f* şi *g*).

Forţa de strîngere, necesară pentru obţinearea unei etanşeităţi dorite, depinde de lăţimea şi grosimea ei, de construcţia ei, de proprietăţile mecanice ale materialului garniturii, precum şi de forma şi netezirea prelucrării suprafeţelor de etanşare

Ca rezultat al strîngerii, apare în garnitură o pretensiune a cărei valoare minimă necesară, poartă numele de *pretensiune de strivire.* S-a constatat că valoarea pretensiunii de strivire depinde nu numai de material şi ci de grosimea lui.

Forţa de strîngere fiind proporţională cu suprafaţa garniturii nu este raţional ca garnitura să ocupe toată suprafaţa flanşei (fig. 41, *a*) ci trebuie să fie cît mai îngustă.

Sînt cazuri rare cînd flanşele lucrează fără garnituri, aceasta presupunînd suprafeţe de etanşare bine netezite. Foarte rar se întîlnesc construcţii unde în loc de garnitură se foloseşte un strat de lac aplicat pe suprafeţele respective.

e. Şuruburi, piuliţe şi şaibe

Pentru strîngerea flanşelor între ele, se folosesc şuruburi cu cap hexagonal sau cu filet la ambele capete (prezoane), piuliţe şi şaibe (cînd presiunea depăşeşte 50 kgf/cm²).

Şuruburile cu cap hexagonal ale îmbinărilor prin flanşe se utilizează pînă la presiuni de 40 kgf/cm² şi temperaturi de 300°C.

Flanşele standardizate stabilesc numărul şi diametrele şuruburilor.

În ce priveşte alegerea materialului din care sînt executate şuruburile, se recomandă, pentru micşorarea înţepenirii (gripării) filetului la temperaturi ridicate, ca acestea să fie făcute din oţeluri de calităţi diferite de acelea din care sînt realizate piuliţele. La temperaturi şi presiuni mari se folosesc oţeluri carbon de calitate sau oţeluri aliate.

Şuruburile cu filet la ambele capete se folosesc pentru presiuni mai mari de 40 kgf/cm² şi temperaturi mai mari de 300°C. Acest lucru se recomandă pentru evitarea concentrării tensiunii care are loc în cazul şuruburilor cu cap hexagonal în locul de trecere de la tijă la cap.

Piuliţele se execută de regulă din materiale mai puţin dure decît ale şuruburilor şi prezoanelor. Este necesar ca suprafaţa de sprijin a piuliţei şi a capului şurubului să fie aşezată perpendicular pe axa filetului, în scopul eliminării tensiunilor şi deformărilor suplimentare. Sînt admise abaterile de la perpendicularitate de 0,3 mm pentru diametrul piuliţei sub 27 mm sau de 0,5 mm peste această valoare.

Nu se admit urme de rugină, zgîrieturi, denivelări etc. pe suprafaţa filetului.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru respectarea condiţiilor de mai sus, se introduc între flanşe şi piuliţe şaibe plate din oţeluri moi.

Flanşele vor avea găurile pentru şuruburi situate simetric faţă de axe dar nu pe ele. Numărul lor trebuie să fie multiplu de patru (în cazul flanşelor rotunde).

Piuliţele şuruburilor cu filet la ambele capete de dimensiuni mari, se recomandă a fi strînse cu chei dinamometrice, pentru a nu fi depăşite eforturile admisibile.

E. CALCULUL ÎMBINĂRILOR PRIN FLANŞE

1. Calculul şuruburilor

Prin calculul şuruburilor trebuie determinate: diametrul şi numărul lor. La noi în ţară. în funcţie de diametrul nominal D_n şi presiunea nominală P_n, sînt standardizate: numărul de şuruburi şi diametrul lor pentru o serie întreagă de îmbinări.

De aceea calculul se face numai pentru tipuri speciale de flanşe.

Asupra îmbinării prin flanşe (respectiv asupra prezoanelor sau şuruburilor) acţionează următoarele forţe:

a. La montaj

Forţa de preetanşare P' necesită pentru comprimarea garniturii la montaj.

Această forţă trebuie să fie atît de mare încît să poată prelua sarcina datorită presiunii de regim P_1 şi a forţei necesare să asigure etanşeitatea sistemului P_2.

$$P' \leqslant P_1 + P_2 \quad [\text{kgf}] \tag{36}$$

Forţa de preetanşare P' se calculează cu formula următoare:

$$P' = \pi \cdot D_{mg} \cdot b'_o \cdot q_o \quad [\text{kgf}] \tag{37}$$

unde:

D_{mg} este diametrul mediu al garniturii, în cm (fig. 46, *a*):

$$D_{mg} = \frac{D_{eg} + D_{ig}}{2}$$

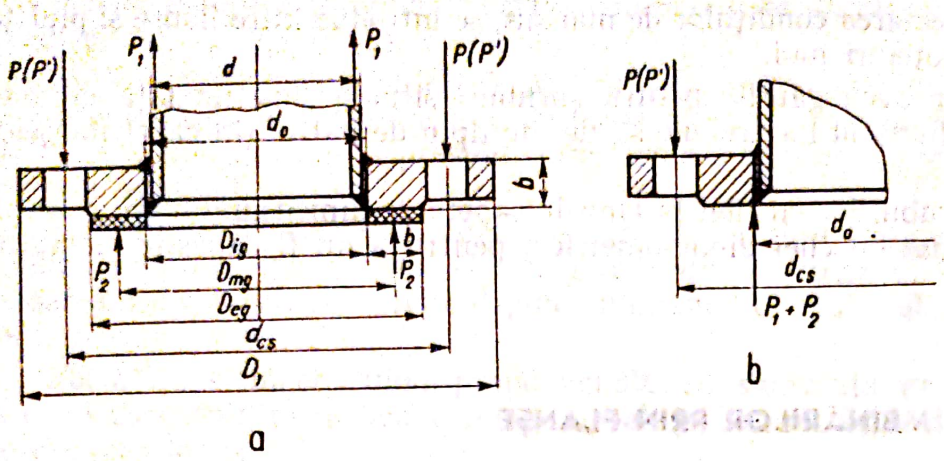


Fig. 46. Calculul flanșelor plate.

în care :

D_{eg} este diametrul exterior al garniturii, în cm ;
D_{ig} — diametrul interior al garniturii, în cm ;
b'_o — lățimea eficace a garniturii pentru preetanșare, în cm,

$$b'_o = \frac{b_o}{2} \quad [\text{cm}] \tag{38}$$

b_o este lățimea efectivă de etanșare a garniturii, a cărei valoare se determină în funcție de lățimea inițială a garniturii b din tabela 5.

$$b = \frac{D_{eg} - D_{ig}}{2} \tag{39}$$

q_o este presiunea admisibilă de strîngere inițială a garniturii, în kgf/cm².

În cazul garniturilor din clingherit sau din azbest cu grosimi egale sau mai mari de 3 mm, valoarea lui q_o este 100 kgf/cm².

La garniturile metalice q_o este în funcție de limita de curgere a metalului și de tipul garniturii, condiția de etanșare fiind strivirea garniturii.

b. La funcționarea în regim

Forța rezultantă P, datorită presiunii de regim P_1 și a forțelor de etanșare P_2 este :

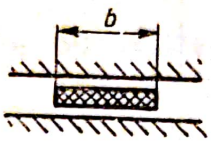
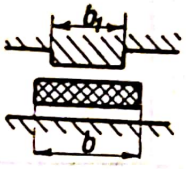
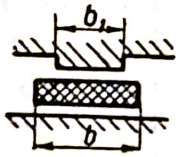
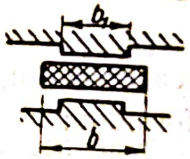
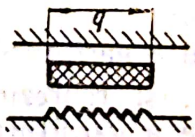
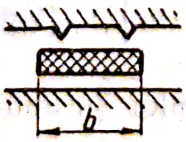
$$P = P_1 + P_2 \quad [\text{kgf}] \tag{40}$$

Forța de presiune P_1 este o forță axială de presiune și se calculează cu formula :

$$P_1 = \frac{\pi \cdot D^2_{mg}}{4} \cdot p \quad [\text{kgf}] \tag{41}$$

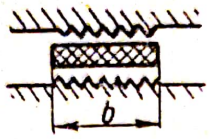
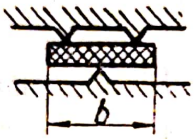
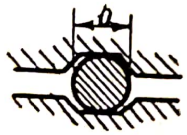
Tabela 5

Lățimea efectivă b_o a garniturii

	Schița suprafeței de etanșare	Lățimea efectivă de așezare b_o
1 a		$\frac{b}{2}$
1 b		$\max . \frac{b_1 + b}{4}$
2		$\frac{b_1 + b}{4}$
3		$\min . \frac{b}{4}$
4		$\frac{b}{3}$
5		

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 5 (continuare)

	Schița suprafeței de etașanre	Lățimea efectivă de așezare b_o
6		$\frac{b}{4}$
7		
8		$\frac{b}{8}$

în care :

p este presiunea interioară la funcționarea în regim, în kgf/cm².

Forța de etanșare P_2 se calculează cu formula :

$$P_2=\pi \cdot D_{mg} \cdot b_o \cdot q=\pi \cdot D_{mg} \cdot b_o \cdot m \cdot p \quad [\text{kgf}] \tag{42}$$

unde :

q este presiunea de etanșare instantanee a garniturii ;

m – coeficientul specific al garniturii și reprezintă raportul dintre presiunea de etanșare instantanee a garniturii q și presiunea de regim p.

Forța rezultantă la funcționarea în regim va fi :

$$P=\left(\frac{\pi \cdot D_{mg}^2}{4}+\pi \cdot D_{mg} \cdot b_o \cdot m\right) p \quad [\text{kgf}] \tag{43}$$

Determinarea numărului și a dimensiunilor șuruburilor sau prezoanelor se face pe două căi :

Se stabilește dimensiunea șuruburilor și se determină numărul lor astfel :

– în calcul cînd forța de preetanșare P' este mai mare decît forța rezultantă la funcționare P:

$$n \geqslant \frac{P'}{\frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \sigma_a} \tag{44}$$

unde:

σ_a este rezistența admisibilă la întindere a materialului șuruburilor la 20°C;

d_1 – diametrul interior al filetului șurubului.

– în cazul cînd forța rezultantă la funcționarea în regim P este mai mare decît forța de preetanșare P':

$$n \geqslant \frac{P}{\frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \sigma_a^t} \tag{45}$$

unde:

σ_a^t este rezistența admisibilă la întindere la temperatura de lucru a șuruburilor.

Se alege numărul de șuruburi cel mai mare care rezultă din calculul cu formulele (44) și (45), după care se rotunjește în plus la un număr multiplu de patru.

Se face apoi verificarea pasului t cu formula:

$$t = \frac{\pi \cdot d_{cs}}{4} \quad [\text{cm}] \tag{46}$$

unde:

d_{cs} este diametrul centrelor șuruburilor.

Pasul t trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

$t > 3\ d$ pentru a permite strîngerea cu chei obișnuite;

$t < 5\ d$ pentru a asigura etanșarea,

unde d este diametrul nominal (exterior) al șurubului.

– *Se stabilește numărul șuruburilor și se determină dimensiunea lor:*

a) Din condițiile fazei de montaj (formula 44) rezultă:

$$d_1 \geqslant \sqrt{\frac{4 \cdot P'}{\pi \cdot \sigma_{an}}} \quad [\text{cm}] \tag{47}$$

b) Din condițiile fazei de regim (formula 45) rezultă:

$$d_1 \geqslant \sqrt{\frac{4\ P}{\pi \cdot \sigma_{an}^t}} \quad [\text{cm}] \tag{48}$$

Se alege valoarea cea mai mare a lui d_1 calculat cu formulele 47 și 48 și se rotunjește la dimensiunea imediat superioară standardizată.

Scanned with OKEN Scanner

2. Calculul flanșelor rotunde, plate sudate

Grosimea flanșelor rotunde plate sudate, se face în ipoteza că forța presiunii din interiorul conductei se repartizează în mod egal de-a lungul cercului găurilor.

Se consideră forța cea mai mare dintre P calculată cu formula 43 sau P' calculată cu formula 37 care trebuie să asigure presiunea specifică pe garnitură.

Momentul de încovoiere în încastrare (fig. 46, *b*) va fi :

$$M_i = P\frac{d_{cs}-d_o}{2}. \quad [\text{kgf}\cdot\text{cm}] \tag{49}$$

Modulul de rezistență al secțiunii inelare $\pi \cdot d_o \cdot b$ este :

$$W_i = \frac{\pi \cdot d_o \cdot b^2}{6} \quad [\text{cm}^3] \tag{50}$$

Punînd condiția de rezistență :

$$\sigma_{ef} = \frac{M_i}{W_i} \leqslant \sigma_{ai} \quad [\text{kgf/cm}^2] \tag{51}$$

și introducînd în formula 51 valorile lui M_i și W_i din formulele 49 și 50 rezultă :

$$b \geqslant \sqrt{\frac{3 \cdot P \cdot (d_{cs}-d_o)}{\pi \cdot d_o \cdot \sigma_{ai}}} \quad [\text{cm}] \tag{52}$$

3. Calculul flanșelor rotunde cu gît

Admițînd ipoteza că flanșa se rupe după secțiunea AB (fig. 47) de formă inelară, al cărei modul de rezistență este :

$$W_i = \frac{\pi \cdot d_{git} \cdot b^2}{6} \quad [\text{cm}^3] \tag{53}$$

momentul de încovoiere în încastrare va fi :

$$M_i = P\frac{d_{cs}-d_{git}}{2} \quad [\text{kgf}\cdot\text{cm}] \tag{54}$$

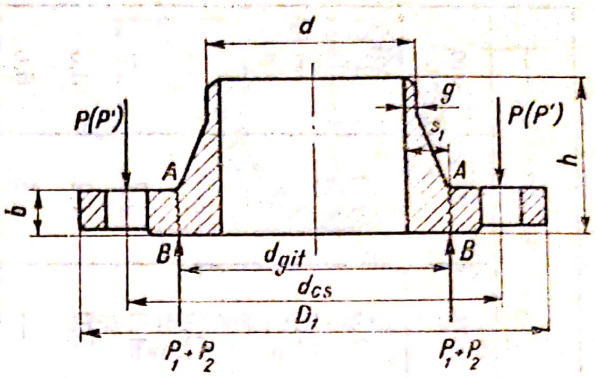


Fig. 47. Calculul flanşelor cu gît :

d — diametrul cercului centrelor şuruburilor ; d — gît — diametrul gîtului flanşei ; diametrul exterior al flanşei ; d — diametrul exterior al flanşei ; s_1 — grosimea gîtului flanşei ; h — înălţimea flanşei cu gît ; g — grosimea flanşei cu gît—grosimea ţevii.

Introducînd în formula 51 valorile din formulele 53 şi 54 se obţine :

$$b \geqslant \sqrt{\frac{3 \cdot P(d_{cs} - d_{git})}{\pi \cdot d_{git} \cdot \sigma_{at}}} \quad [\text{cm}] \qquad (55)$$

F. ÎNDOIREA ŢEVILOR

Îndoirea ţevilor este o operaţie pregătitoare asamblării acestora. Ea se execută la rece sau la cald.

Se recomandă ca ţevile cu diametrul nominal sub 100 mm, să fie îndoite la rece, iar cele cu diametrul mai mare, numai la cald. În urma îndoirii ţevilor se obţin curbe cu forme diferite, atît într-un singur plan cît şi în spaţiu.

Raza de curbură reprezintă parametrul principal al unei curbe şi se alege în funcţie de diametrul şi grosimea ţevii, precum şi de procedeul folosit pentru îndoire.

În timpul operaţiei de îndoire, lungimea ţevii, măsurată pe axa neutră, rămîne aceeaşi. Fibrele situate deasupra axei neutre sînt alungite, iar cele de dedesubt suferă o scurtare. Secţiunea circulară a ţevii, tinde să ia forma unei elipse avînd axa mică situată în planul de îndoire, datorită tensiunilor care iau naştere în ţeavă.

Deoarece secţiunea eliptică micşorează foarte mult rezistenţa la presiune a ţevii, se urmăreşte ca în timpul îndoirii să se limiteze sau să se împiedice producerea acestui fenomen.

În tabela 6, sînt prezentate abaterile admisibile $\Delta = D_{max} - D_{min}$ în funcţie de diametrul ţevii şi raza de îndoire, pentru ţevi la care îndoirea se face la rece (fig. 48). Abaterea nominală se calculează cu relaţia :

$$\Delta_n = \frac{D_{max} - D_{min}}{D_n} \; 100\% \qquad (56)$$

Abateri admisibile la ovalizarea secțiunii țevilor indoite la rece ($\Delta = D_{max} = D_{min}$) *Tabela 6*

Diametrul exterior al țevii (mm)	Raza de indoire R (mm)								
	73	100 la 175	150 la 175	200	250	300	400	500	600
33 la 45	3,4	3,1	2,1	1,7	1,7	1,5	1,5	1	—
48 la 54	—	4,6	3,6	2,6	2,8	2,6	2,6	2	—
57	—	—	—	3,5	3,5	2,5	—	—	—
60	—	—	—	—	—	3,0	2,5	2	—
76	—	—	—	—	—	—	4,0	3,2	—
83	—	—	—	—	—	—	5,0	4,2	3,5
102 și 10 8	—	—	—	—	—	—	—	7,5	6,0

Abaterea nominală admisibilă la ovalizarea secțiunilor țevilor îndoite la cald *Tabela 7*

Diametrul exterior al țevii De (mm)	Grosimea peretelui țevii (mm)	Abaterea nominală în procente pentru raza de îndoire R	
		$R = 3$ la 4 D_n	$R \geqslant 4$ D_n
114 la 245	—	8	7
273	20	9	8
273	30	8	7
324	20	9	8
324	30	8	7

Scanned with OKEN Scanner

Abaterile nominale admisibile în procente la ovalizarea ţevilor cu un diametru, mai mare de 108 mm, la care îndoirea se face la cald, sînt date în tabela 7, în funcţie de raza de îndoire, diametrul ţevii şi grosimea peretelui.

Dispozitivele de îndoit ţevile la rece trebuie să evite, prin construcţia lor, ovalizarea ţevilor, în timpul îndoirii.

Pentru îndoirea ţevilor la rece se folosesc prese hidraulice, dispozitive cu role, matriţe etc.

Îndoirea ţevilor la presele hidraulice se realizează cu ajutorul matriţelor arătate în figura 49.

Partea principală a matriţei este batiul sudat *3* pe ai cărui pereţi verticali se află mai multe locaşuri. În aceste locaşuri se aşază axele *5*, cu rolele *4*. Diametrul şi forma şanţului rolelor corespund formei şi diametrului secţiunii ţevii de îndoit. Poansonul *2* şi placa superioară *1* se fixează la traversa presei. Poansonul *2* şi rolele sînt schimbabile. Distanţa dintre axele celor două role depinde de diametrul ţevii de îndoit.

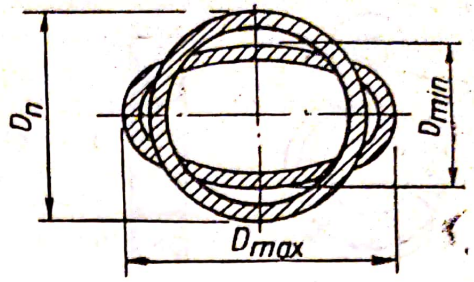


Fig. 48. Deformarea secţiunii circulare a ţevii în timpul îndoirii.

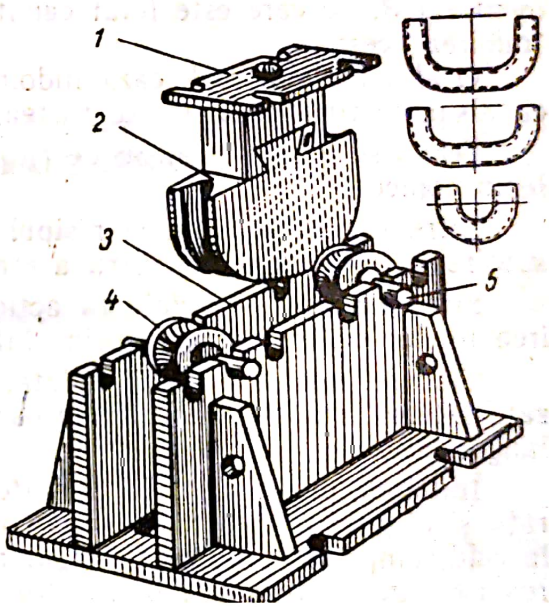


Fig. 49. Matriţă pentru îndoirea ţevilor la presa hidraulică.

La dispozitivele cu rolă, împiedicarea ovalizării ţevii se realizează prin folosirea de role şi segmenţi al căror şanţ au raza corespunzătoare razei exterioare a ţevii.

Capătul ţevii se fixează cu clema *1* de segmentul *2* (fig. 50). Îndoirea se produce prin rotirea rolei *3*, în jurul segmentului a cărui rază este egală cu raza de îndoire. Îndoirea se realizează fie prin rotirea segmentului, axa rolel rămînînd fixă, fie prin rotirea rolei, segmentul fiind fix.

La dispozitivele de îndoit cu dorn (fig. 51) în secţiunea de îndoire ţeava este trasă pe dornul *1* al cărui diametru este egal cu diametrul interior ai ţevii, împiedicîndu-se deformarea secţiunii sale circulare. Prin rotirea seg-

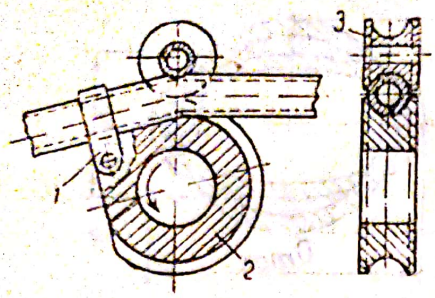


Fig. 50. Schema îndoirii țevilor cu rolă fără dorn.

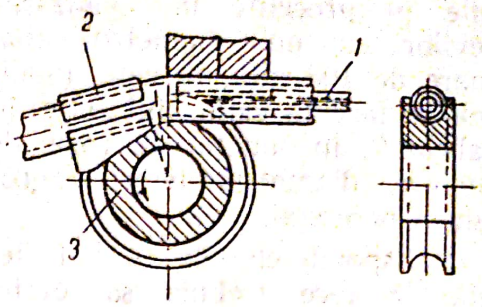


Fig. 51. Schema îndoirii țevilor cu dorn.

mentului *3*, de care este fixat capătul țevii cu ajutorul clemei *2*, se produce îndoirea acesteia.

O altă metodă realizează îndoirea țevilor după ce acestea sînt umplute cu nisip, pentru ca să nu se turtească în timpul îndoirii.

Țeava se umple cu nisip de rîu, curat și uscat și se astupă cu dopuri de lemn conice.

Între dopul de lemn și nisipul uscat, este indicat să se așeze un strat subțire de nisip umed, pentru a etanșa dopul.

Sînt și prese de îndoit cu acționare hidraulică care se folosesc la îndoirea țevilor cu diametrul cuprins între 60 și 108 mm.

Cînd se îndoaie o țeavă sudată, este necesar ca cusătura țevii să fie așezată lateral față de îndoitură, deoarece în caz contrar țeava poate crăpa în lungul cusăturii.

Îndoirea țevilor la cald permite micșorarea efortului necesar acestei operații și obținerea unei forme mai corecte a secțiunii curbei. În cazul îndoirii la cald, umplerea țevii este obligatorie, ea împiedicînd ovalizarea și producerea de cute în timpul îndoirii. Nu este indicat să se folosească nisip umed sau care conține substanțe organice, deoarece se produc fie vapori de apă, fie arderi care provoacă ori scoaterea dopurilor, ori formarea bulgărilor de nisip. Se încălzește și nisipul, pentru a evita răcirea rapidă a țevii, care ar duce la pierderea plasticității acesteia și producerea de cute sau fisuri. Îndoirea propriu-zisă trebuie făcută lin, fără smucituri, pentru a nu se forma cute.

Îndoirea țevilor la cald, se poate face și prin presare în matriță. Încălzirea țevilor se face pe o lungime egală cu 8 pînă la 10 *D* la o temperatură astfel aleasă încît, la sfîrșitul operației de îndoire, aceasta să nu fie mai mică de 700°C. Pentru încălzire se folosesc vetre speciale cu cuptoare construite în acest scop.

Exactitatea îndoirii se controlează cu un șablon executat dintr-o bară rotundă.

Industrial se mai utilizează și metoda îndoirii țevilor cu ajutorul curenților de înaltă frecvență.

În ultimul timp executarea coturilor și curbelor se realizează în ateliere de specialitate, iar pe șantier se face numai asamblarea lor în cadrul conductelor respective. Prin aceasta se micșorează volumul de muncă pe șantierele de montaj, iar calitatea execuției coturilor și curbelor crește.

Îndoirea țevilor cu cute, se face prin încălzirea locală cu suflaiul și formarea unui număr de 5 pînă la 9 ondulații, în funcție de diametrul țevii. Metoda este mai simplă și mai ieftină dar aceste țevi opun o rezistență hidraulică la curgerea fluidului, mai mare decît cele netede.

În comparație cu țevile de oțel, cele de cupru se îndoaie mai ușor și nu se formează cute.

Țevile de alamă se îndoaie mai ușor decît cele de oțel, dar mai greu decît cele de cupru. Atît țevile de cupru cît și cele de oțel, sînt supuse recoacerii înainte de îndoire. Înainte de îndoire, țevile de cupru și cele de alamă se umplu cu colofoniu topit sau nisip fin. Pentru îndoire se folosesc menghine speciale.

H. DILATAȚIA CONDUCTELOR. SISTEME COMPENSATOARE DE DILATAȚIE. CALCULUL COMPENSATOARELOR DE DILATAȚIE

1. Generalități. Clasificarea compensatoarelor

În rafinării și în industria chimică, temperatura fluidelor transportate, atinge valori mari, ceea ce produce dilatări apreciabile ale conductelor. De asemenea variația temperaturii mediului ambiant, produce modificări ale dimensiunilor conductelor și mai ales a lungimii conductei. Aceste dilatări impun luarea unor anumite măsuri la montajul conductelor care să le compenseze. De aceea problemei compensării dilatărilor trebuie să i se acorde o atenție deosebită.

S-a constatat că la o variație a temperaturii de 100°C lungimea conductelor tehnologice variază cu 1,2 pînă la 1,4 mm/m.

În cazurile cînd variațiile de temperatură sînt pînă la 50°C, compensarea dilatațiilor se face exclusiv pe seama *comprimării* (la încălzire) sau *întinderii* (la răcire) elastice a materialului conductei.

Dacă variațiile de temperatură sînt mai mari de 50°C preluarea dilatațiilor se face prin *autocompensare* sau prin *compensatoare de dilatație.*

Autocompensarea reprezintă preluarea dilatărilor de însuși sistemul elastic al conductei.

Compensarea dilatațiilor în acest caz, se efectuează prin forma geometrică a traseului care ia diferite direcții, ceea ce duce la mărirea traseului conductelor tehnologice și implicit la mărirea consumului de metal. Autocompen-

Scanned with OKEN Scanner

sarea se realizează ușor la conductele din materiale elastice ca: oțel, cupru, aluminiu, PCV etc.

Compensatoarele sînt elemente ușor deformabile, montate pe conductă, care permit compensarea dilatărilor.

Din punct de vedere al prețului de cost, compensatoarele și reazemele folosite, scumpesc foarte mult prețul conductelor. De aceea la proiectarea conductelor se preferă traseele care permit eliminarea compensatoarelor sau limitarea la un număr minim de compensatoare

Elasticitatea sistemului este cu atît mai mare, cu cît forma traseului conductei este mai judicios aleasă, porțiunile drepte de conductă ale sistemului sînt mai mari, momentul de inerție al țevii este mai mic și modulul de elasticitate al materialului este mai mic.

După principiul de funcționare, compensatoarele de dilatație se împart în:
- îndoite din țevi: netede, cu cute și ondulate (fig. 52 și 53);
- lenticulare (fig. 54);

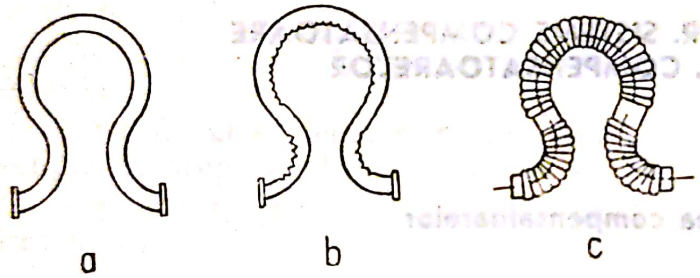


Fig. 52. Compensatoare în formă de liră:
a — neted; *b* — cu cute; *c* — ondulat.

- cu burduf (fig. 55);
- cu presetupă (fig. 56).

Primele trei categorii de compensatoare se bazează pe elasticitatea materialului din care sînt executate.

S-a constata că sub influența temperaturii, conducta tehnologică se dilată în cele trei direcții, însă cea mai importantă este dilatarea pe direcția axei sale.

Această dilatație este redată de relația:

$$\Delta_l = l\alpha\Delta t \quad [\text{cm}] \qquad (57)$$

unde:

l este distanța între cele două puncte ale conductei ce marchează extremitățile porțiunii considerate, în cm;

α — coeficientul de dilatare termică a materialului conductei, în cm/cm·°C;

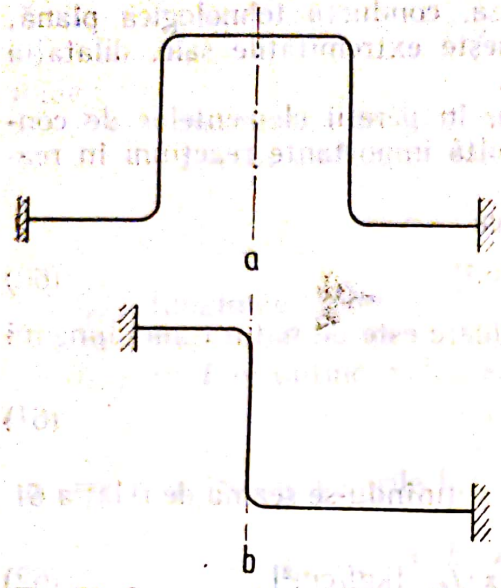


Fig. 53. Compensatoare din țevi îndoite (scheme):
a — U asimetric ; *b* — Z cu brațe inegale.

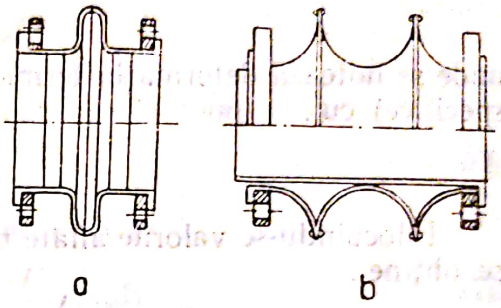


Fig. 54. Compensatoare lenticulare :
a — sudate din semiunde ștanțate ;
b — pentru funcționarea în vid.

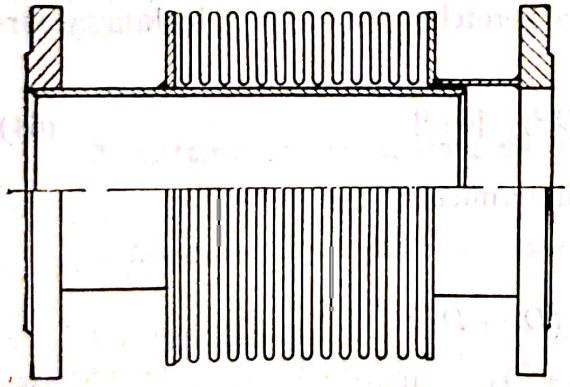


Fig. 55. Compensator cu burduf.

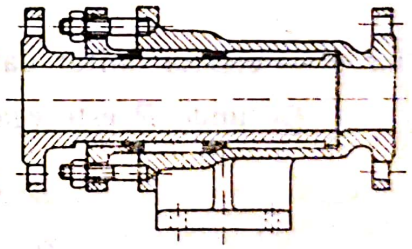


Fig. 56. Compensator cu presetupă.

Δ_t — diferența dintre temperatura peretelului conductei în timpul exploatării (t_e) și temperatura lui în timpul montajului (t_m).

Deoarece în mod practic în rafinării și întreprinderile chimice t_m este mult mai mică decît t_e, se pot face următoarele aproximații :

$$\Delta t \approx t_c \quad [°C] \tag{58}$$

$$\Delta_l \approx l \cdot \alpha \cdot t_e \quad [cm] \tag{59}$$

Indiferent de configuraţie şi lungimea sa, conducta tehnologică plană, se dilată întotdeauna după direcţia care uneşte extremităţile sale, dilataţia putînd fi calculată cu relaţiile (57) sau (59).

Dacă dilatarea termică este împiedicată, în pereţii elementelor de conductă iau naştere eforturi unitare care dezvoltă importante reacţiuni în reazeme.

Din rezistenţa materialelor se cunoaşte că :

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \quad [kgf/cm^2] \tag{60}$$

unde se notează deformaţia termică specifică (care este de natura unei lungimi specifice) cu :

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \tag{61}$$

Înlocuindu-se valorile aflate în relaţia 60, şi ţinîndu-se seama de relaţia 61, se obţine :

$$\sigma = E \cdot \varepsilon = E \frac{\Delta_l}{l} = E \frac{l \alpha t_e}{l} = E \cdot \alpha \cdot t_e \quad [kgf/cm^2] \tag{62}$$

în care E este modulul de elasticitate longitudinal al materialului conductei; la temperatura de exploatare, în kgf/cm².

Reacţiunea dezvoltată în reazeme este :

$$R = \sigma \cdot A = A \cdot E \cdot \alpha \cdot \Delta t \approx A \cdot E \cdot \alpha \cdot t_e \quad [kgf] \tag{63}$$

unde A este aria secţiunii transversale a peretelui conductei calculată cu formula :

$$A = \frac{\pi}{4}(D_e^2 - D_i^2) \quad [cm^2] \tag{64}$$

iar σ — efortul unitar datorită dilatării termice.

De unde R este egal cu :

$$R = E \cdot \alpha \cdot t_e \frac{\pi}{4}(D_e^2 - D_i^2)$$

$$R = \frac{\pi}{4} \cdot E \cdot \alpha \cdot t_e (D_e^2 - D_i^2) \quad [kgf] \tag{65}$$

Este necesar ca reacţiunea dezvoltată în reazeme R, care supune conducta la o forţă de compresiune (flambaj), să nu depăşească forţa critică de flambaj (F_{cr}) pentru a fi evitate dilataţiile. Apare deci evidenţă necesitatea preluării sau compensării lor.

$$R < F_{cr} \quad [kgf] \tag{66}$$

Pentru determinarea diferenţei de temperatură Δ_t pentru care nu există pericolul flambării conductei respective se pleacă de la formula lui Euler cu privire la calculul forţei critice de flambaj :

Scanned with OKEN Scanner

$$F_{cr}=\frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l^2_{cr \cdot f}} \quad [kgf] \tag{67}$$

unde :

I este momentul de inerție al secțiunii transversale a peretelui conductei, în cm⁴ și se calculează cu formula :

$$I=\frac{\pi}{64}(D_e^4-D_i^4) \quad [cm^4]\,; \tag{68}$$

$l_{cr \cdot f}$ lungimea critică de flambaj, în cm ;

În cazul condiției de stabilitate, considerînd că $l_{cr \cdot f} = l$ se obține valoarea lui Δ_t plecînd de la relația :

$$R \leqslant F_{cr} \quad [kgf], \tag{69}$$

în care se introduc valorile lor, din formulele 63 și 67 :

$$A \cdot E \cdot \alpha \cdot \Delta_t \leqslant \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l^2} \quad [kgf] \tag{70}$$

de unde rezultă :

$$\Delta_t \leqslant \frac{\pi^2 \cdot I}{l^2 \cdot \alpha \cdot A} \quad [°C] \tag{71}$$

Atunci cînd relația (71) îndeplinește condiția prin egalitate, rezultă că există valoarea critică a diferenței de temperatură pentru care nu există pericolul flambării, deci pentru care conducta funcționează fără compensatoare de dilatație.

2. Sisteme compensatoare de dilatație

a. Compensatoarele din țevi îndoite

Acestea sînt foarte răspîndite datorită unor avantaje pe care le prezintă și anume : capacitatea relativ mare de compensare, solicitări mici privind încărcarea reazemelor, ușurință în executare, simplitate în ceea ce privește exploatarea etc.

Sînt elemente de conductă care preiau dilatațiile unor porțiuni de conducte tehnologice fără a crea în pereții acestora, tensiuni periculoase, asigurînd rezistența și etanșeitatea lor.

Asemenea compensatoare se execută din țevi de oțel, cupru, alamă, aluminiu sau PCV.

După forma îndoiturilor, compensatoarele pot fi : netede, cu cute, ondulate și circulare.

După forma axei de simetrie, se deosebesc compensatoare în formă de liră (fig. 52), în formă de U (fig. 53, *a*), în formă de L (cu brațe egale sau ine-

gale) în formă de Z (cu brațe egale sau inegale) (fig. 53, *b*), în formă de S etc.

Tipul cel mai răspîndit și mai rațional de compensator îndoit, este cel în formă de U.

Capacitatea de compensare a acestui tip de compensatoare este cu aproximativ 30% mai mare decît a acelora în formă de liră. Executarea lui este mai simplă și deci este mai ieftină. Poate fi executat la locul de montare. Pentru asamblarea lui la conductă se pot folosi îmbinările cu flanșe sau sudate.

Compensatoarele îndoite din țevi prezintă unele dezavantaje ca:

- gabarit mare, care impune spații mari de amplasare;
- rezistența hidraulică mare la curgerea fluidelor;
- apariția fenomenului de oboseală în materialul compensatorului.

b. Compensatoarele lenticulare

Acestea se utilizează la instalarea conductelor pentru gaze și abur, care au un diametru relativ mare (peste 150 mm), o lungime mare și lucrează la presiuni joase (pînă la 6 kgf/cm²) sau sub vacuum.

Compensatoarele lenticulare (fig. 54) funcționează bazîndu-se pe elasticitatea la încovoiere a elementelor sale. Pot fi executate din oțel, cupru sau aluminiu. Au avantajul unei deservirii simple și se folosesc acolo unde spațiul de montare nu permite folosirea altor tipuri.

Prezintă totuși unele dezavantaje datorită faptului că:

- sînt folosite la presiuni scăzute;
- se poate acumula condensatul în cutele compensatorului, de unde trebuie evacuat pentru a fi evitate șocurile hidraulice și înghețul;
- capacitatea unei unde este relativ mică, iar cînd se încearcă creșterea capacității prin montarea în serie a mai multor unde, apare flexibilitatea axială a conductei și deformarea neuniformă a undelor;
- apariția fenomenului de oboseală al materialului;
- executarea lor este mai complicată;
- rezistența hidraulică mare pe care o opune la curgerea fluidului.

c. Compensatoarele cu burduf

Se construiesc de mai multe tipuri. În figura 55 este redat un compensator cu corpul asamblat prin sudura discurilor ondulate. Acesta poate fi folosit pînă la presiuni de 25 kgf/cm² la conducte cu diametrul pînă la 500 mm și temperatura fluidului vehiculat pînă la 400°C.

d. Compensatoarele cu presetupă (fig. 56)

Aceste compensatoare au utilizare mai mică în rafinării, deoarece nu sînt destul de etanșe și pot provoca incendii prin scurgerea produselor petroliere pe la presetupă.

Scanned with OKEN Scanner

Compensatoarele cu presetupă nu preiau dilatările prin deformaţiile elastice ale elementelor sale, ci funcţionează asemănător cu o îmbinare cu presetupă.

Sînt folosite pînă la presiuni de 16 kgf/cm² fiind executate din oţel turnat sau prin sudură, dar cel mai des sînt asamblate pe conducte din materiale puţin elastice ca : fonta, sticla, ceramica, faolitul etc.

Pot fi construite astfel încît să preia dilatările numai dintr-o parte sau din ambele părţi. Corpul lor se fixează de obicei, pe un reazem fix, avîndu-se în vedere limitarea deplasărilor tubului, pentru ca în caz de accidente, acesta să fie împiedicat să iasă din corp.

Acest tip de compensatoare, au o mare capacitate de compensare, precum şi gabaritul redus.

Prezintă dezavantajul unor eforturi mari axiale, transmise reazemelor, precum şi funcţionarea nesigură din cauza posibilităţii înţepenirii elementelor mobile (montarea necoaxială a tubului cu restul conductei, tasarea unuia dintre reazeme în cursul exploatării, depuneri de piatră sau rugină pe elementele sale).

I. PIESE FASONATE. FITINGURI

1. Generalităţi — Clasificare

Elementele de conductă care servesc la legarea a două ţevi cu acelaşi diametru sau cu diametre diferite, fie la ramificarea unei conducte principale sau schimbarea direcţiei, fie la închiderea unui capăt al acesteia, poartă denumirea de *piese fasonate* sau *fitinguri*.

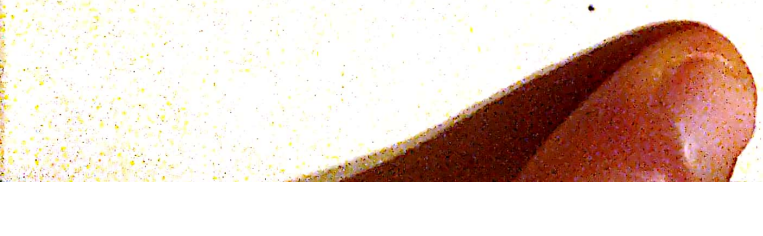
Piesele fasonate se pot împărţi după forma lor în :

- piese pentru montarea în linie ;
- curbe sau coturi pentru schimbarea direcţiei ;
- ramificaţii simple sau duble ;
- dopuri, flanşe oarbe, capace pentru închidere.

Îmbinarea lor cu celelalte elemente ale conductei, este în funcţie de materialul de execuţie şi condiţiile de lucru şi se realizează prin : sudare, lipire, filetare, cu ajutorul flanşelor sau prin procedee mixte.

Piesele fasonate filetate poartă denumirea de *fitinguri*.

Instalaţiile din rafinăriile de petrol ca şi cele din industria chimică, reţelele de alimentare cu apă sau cu gaze, de multe ori complicate din punct de vedere constructiv şi conţin conducte de diferite diametre, ramificate, care necesită utilizarea fitingurilor.



Scanned with OKEN Scanner

Pentru executarea pieselor fasonate se folosesc: fontă maleabilă, oțel, mase plastice, ceramică, metale neferoase etc. Alegerea materialului este condiționată de presiunea și temperatura la care se lucrează astfel:

– fonta maleabilă este folosită în montajul conductelor pentru transportul apei, aburului și gazelor la presiuni nominale sub 25 kgf/cm² și temperaturi pînă la 150°C;

– oțelul turnat se utilizează la presiuni sub 250 kgf/cm² și temperaturi sub 500°C;

– oțelul forjat este folosit pentru executarea fitingurilor care fac legătura țevilor obișnuite sau a celor supuse presiunilor pînă la 100 kgf/cm².

Fitingurile de mare presiune care lucrează la presiuni de peste 100 kgf/cm² sînt utilizate în industria petrolieră.

Piesele fasonate pot fi executate fie la locul de asamblare, fie prin metode speciale de producție în serie (depinde de tipul respectiv).

Piesele fasonate, în general, se execută prin *turnare* sau prin *forjare* din blocuri. Fitingurile sudate se folosesc din ce în ce mai mult în locul flanșelor pentru că se realizează o economie de metal mai mare (de 3 pînă la 5 ori). Fitingurile *trase* au căpătat în ultima vreme o mare utilizare în industria chimică și în rafinării deoarece asigură o grosime uniformă a pereților, au un preț de cost mai mic, precizie mai mare în potrivirea diferitelor elemente etc.

Piesele fasonate din polietilenă sînt realizare prin turnare sub presiune și sînt utilizate pentru îmbinarea conductelor din materiale plastice sau pentru conducte industriale și șantiere prin care sînt împinse apa sau mediile corosive la temperatura ambiantă și presiuni sub 10 kgf/cm².

Piesele fasonate din PCV neplastifiată, standardizate în țara noastră, pentru diametre nominale de la 12 la 90 mm sînt destinate îmbinării elementelor de conductă din PCV cu presiuni de regim de 10 kgf/cm² la temperatura de 20°C, respectiv 6 kgf/cm² la temperatura de 40°C.

Fitingurile se fabrică respectîndu-se anumite condiții de recepție ca de exemplu:

– suprafața metalului să fie netedă, curată și lipsită de defecte, care ar influența rezistența și etanșeitatea;

– abaterile de la dimensiunile standard ale piesei este necesar să fie cele prevăzute în standardul respectiv;

– respectarea compoziției materialului de execuție.

2. Piese fasonate pentru montarea în linie

Din această categorie de piese fac parte: mufele, niplurile, reducțiile, racordurile olandeze:

a. Mufele

Acestea sînt piese cilindrice de legătură cu filet interior la ambele capete (fig. 57, *a*, *b*, *d* și *e*) sau cu un filet la interior și altul la exterior (fig. 57, *c*). Mufele pot fi cu diametre egale (fig. 57, *a*, *c*, *d*, *e*, *f*) sau reduse (fig. 57, *b*). Se folosesc pentru asamblarea țevilor și sînt executate din fontă maleabilă (fig. 57, *a*, *b* și *c*), oțel (fig. 57, *d* și *e*) sau PCV (fig. 57, *f*).

b. Niplurile

Acestea sînt piese de legătură între coturi, teuri sau armături și au la ambele capete filete la exterior. Pot fi cu același diametru (fig. 53, *a* și *c*) sau redus (fig. 53, *b*) și se execută din fontă maleabilă (fig. 53, *a* și *b*) sau din oțel (fig. 58, c).

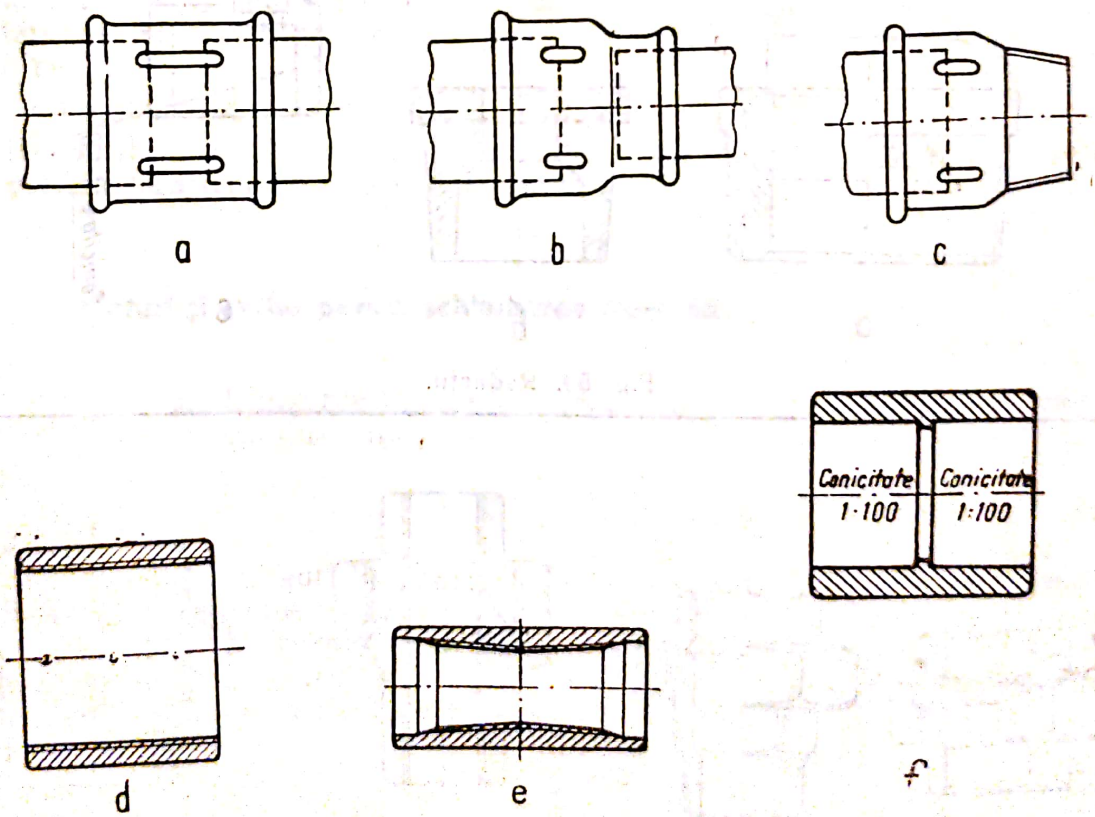


Fig. 57. Mufe.

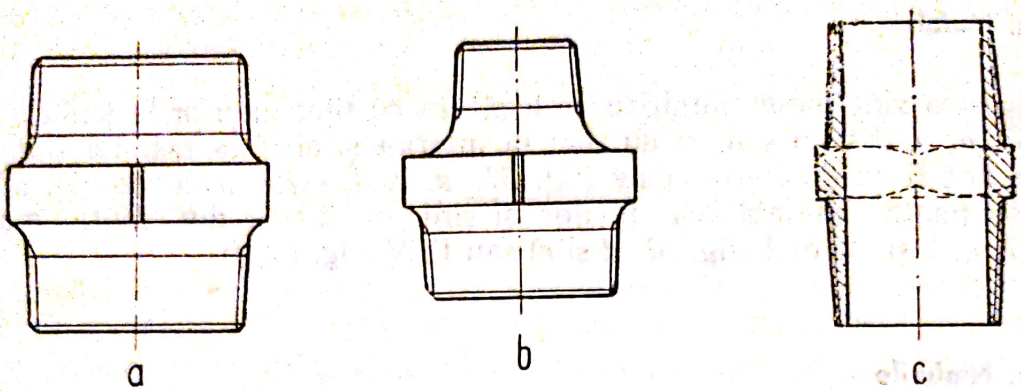


Fig 58. Nipluri.

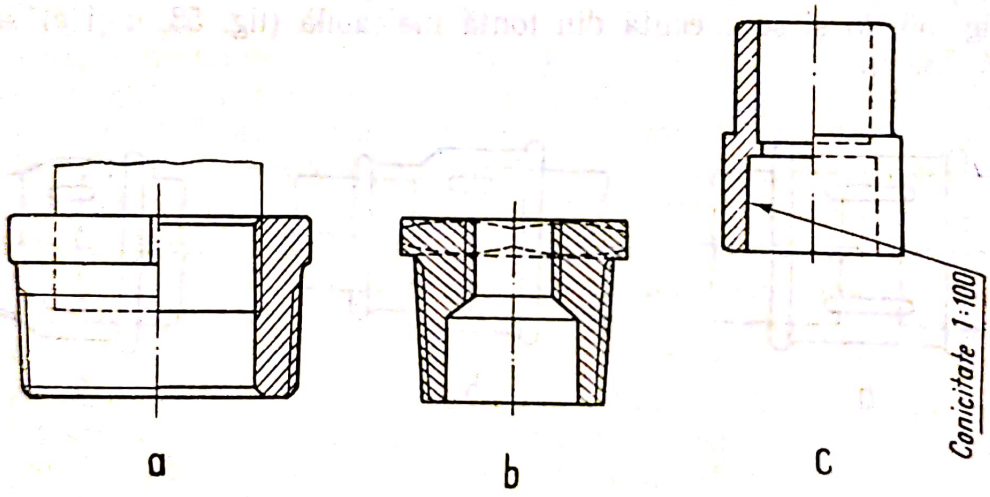


Fig. 59. Reducții.

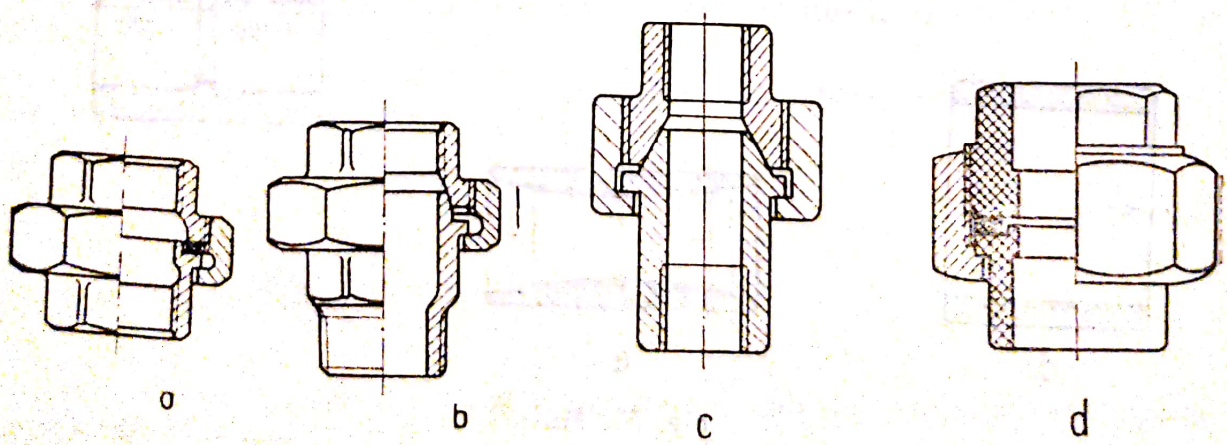


Fig. 60. Racorduri olandeze.

c. Reducțiile

Reducțiile de legătură, cu filet interior și exterior se folosesc la îmbinarea conductelor de diametre diferite sau între acestea și armături de dimensiuni diferite. În figura 59, sînt reprezentate reducții din fontă (fig. 59, *a*), oțel (fig. 59, *b*) și PCV (fig. 59, *c*).

d. Racorduri olandeze

Acestea pot fi normale sau reduse, cu filet interior de legătură (fig. 60, *a* *c* și *d*) și piuliță hexagonală de strîngere (fig. 61) executate din fontă malleabilă (fig. 60, *a* și *b*), oțel (fig. 60, *c*) sau PCV (fig. 60, *d*), sînt utilizate la îmbinarea conductelor cap la cap, în cazul cînd acestea nu pot fi rotite prin înșurubare.

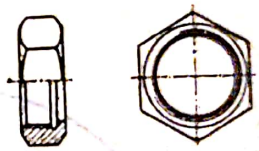


Fig. 61. Piuliță pentru racorduri olandeze.

Toate aceste tipuri de fitinguri sînt utilizate în instalațiile de conducte cu diametre mici, mai ales în instalațiile de alimentare cu gaze și în cele de alimentare cu apă.

Fitingurile de dimensiuni mai mari, nu sînt prea mult folosite deoarece la conductele de diametre mari și de mare presiune se preferă legăturile realizare prin flanșe, sudare etc.

3. Coturi și curbe pentru schimbarea direcției

Coturile sînt fitingurile la care raportul dintre raza de curbă și diametru lor nominal este cuprins între 2,5 și 1 :

$$1 \leqslant \frac{R}{D} < 2{,}5 \qquad (72)$$

Curbele sînt fitinguri în formă de tub cu capetele filetate, folosite pentru schimbarea de direcție, în cazul conductelor metalice. La acestea schimbarea se face cu raza de curbură mai mare decît la coturi, iar raportul dintre această rază și diametrul nominal al curbei are în general valori cuprinse între 2,5 și 5 (scăzînd cînd diameterul nominal crește) :

$$2{,}5 \leqslant \frac{R}{D} < 5 \qquad (73)$$

Curbele și coturile se folosesc pentru schimbarea direcției conductelor cu un unghi de 90° sau 45°. Ele pot fi cu filet la interior (majoritatea) sau cu

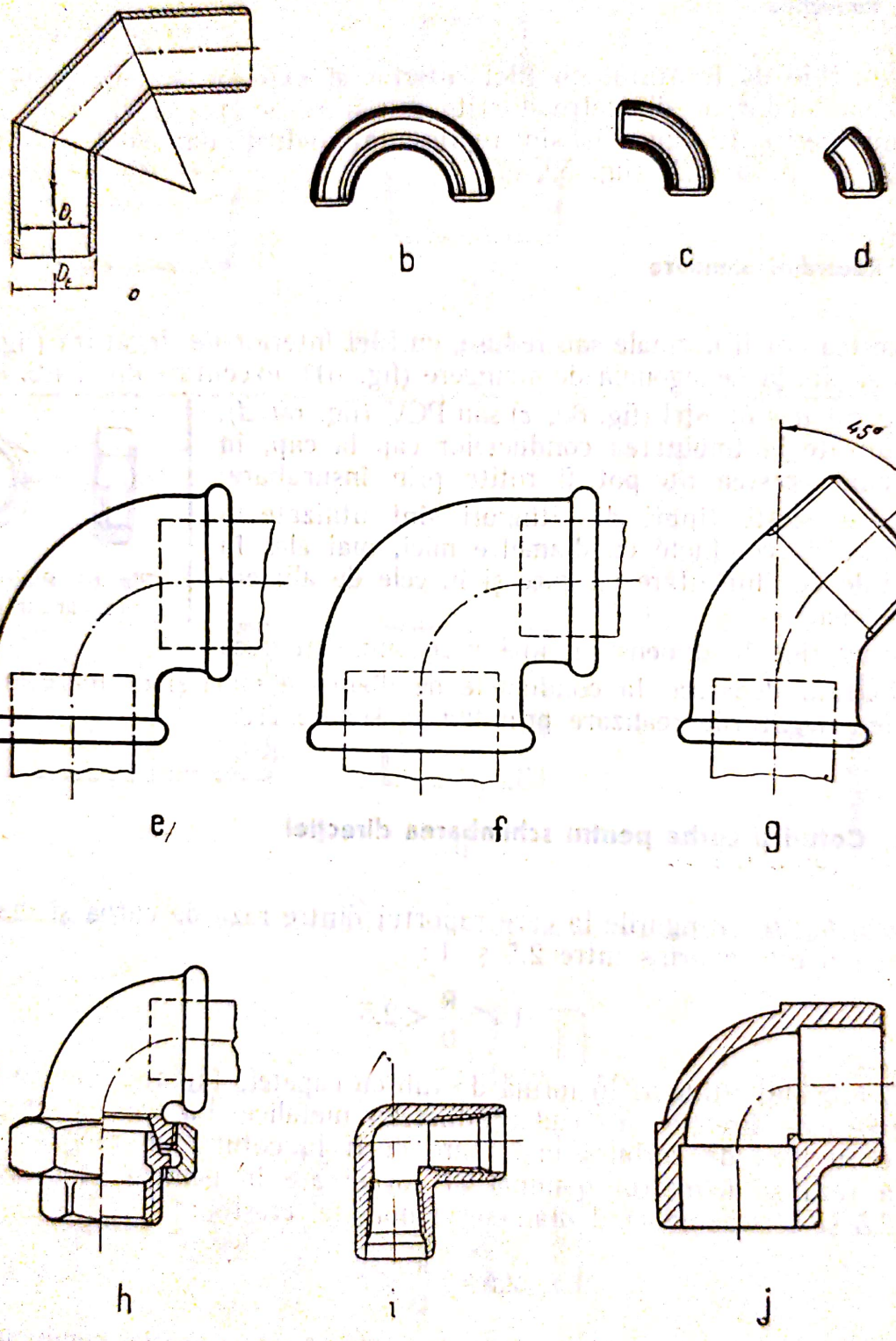


Fig. 62. Coturi.

Scanned with OKEN Scanner

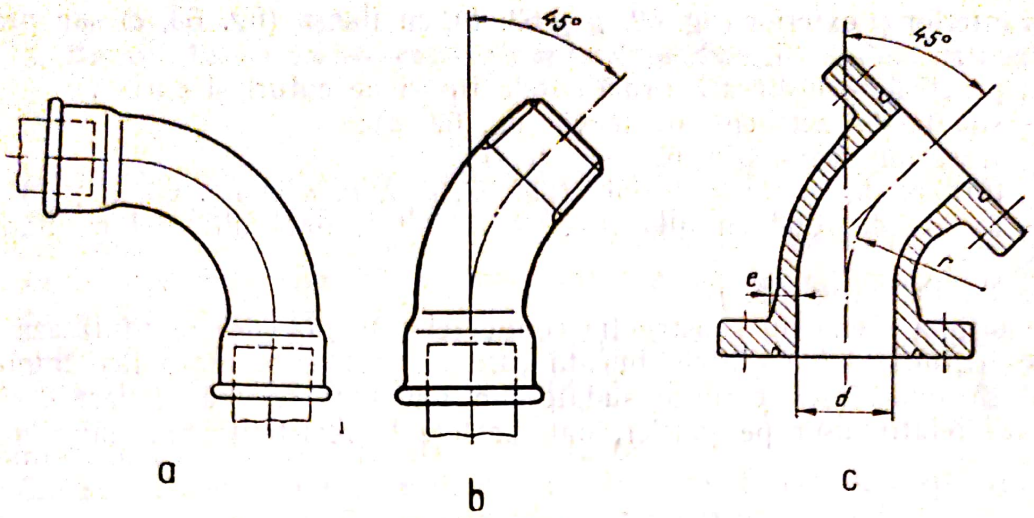


Fig. 63. Curbe.

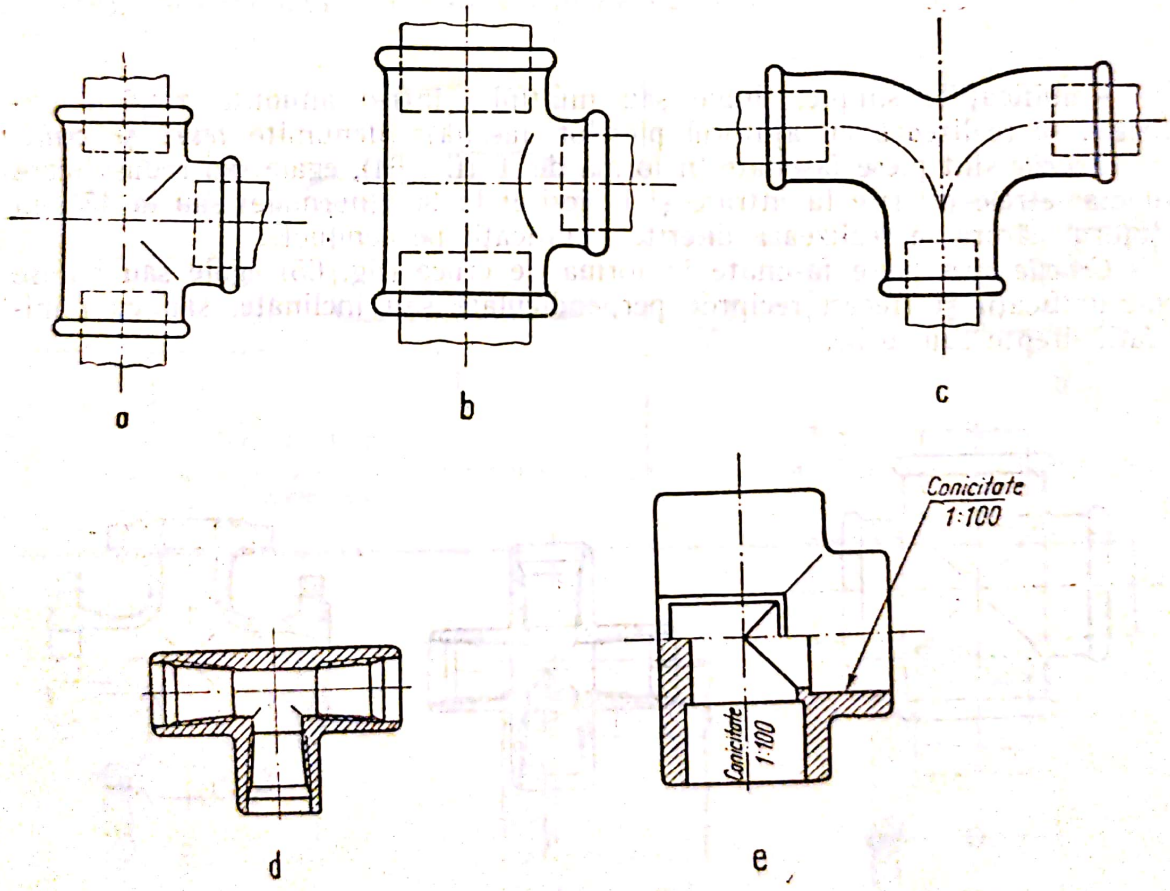


Fig. 64. Teuri din fontă maleabilă :
a — normal ; *b* — cu ramificaţie mărită ; *c* — cu braţ curb ; *d* — din oţel ; *e* — din PCV.

Scanned with OKEN Scanner

filet la interior și exterior (fig. 62, *g* și 63, *b*), cu flanșă (fig. 63, *c*) sau prelucrate pentru sudare (fig. 62, *a*, *b*, *c* și *d*).

În practică se utilizează următoarele tipuri de coturi și curbe:

- sudate din segmenți de țeavă (fig. 62, *a*);
- trase din țeavă (fig. 62, *b*, *c* și *d*);
- turnate din fontă maleabilă (fig. 62, *e*, *f*, *g*, *h* și fig. 63, *a* și *b*);
- forjate din oțel cu filet (fig. 62, *i*) sau turnate din oțel cu flanșă (fig. 63, *c*);
- din PCV (fig. 62, *j*).

În ultima vreme în construcția conductelor tehnologice se utilizează tot mai des coturile trase dintr-o bucată care au rezistențe hidraulice minime, tinzînd să înlocuiască coturile sudate din segmenți de țeavă, care deși se realizează relativ ușor pe șantier, dau naștere la rezistențe hidraulice mari.

4. Ramificații simple sau duble

Ramificațiile simple, duble sau multiple, într-o anumită zonă a conductei, se realizează cu ajutorul pieselor fasonate denumite *teuri* și *cruci*.

Teurile sînt piese fasonate în formă de T (fig. 64), egale sau reduse (care au diametrele diferite la intrare și la ieșire) la 90° (normale) sau la 45°, cu ajutorul cărora se realizează diferite ramificații pe conducte.

Crucile sînt piese fasonate în formă de cruce (fig. 65) egale sau reduse cu ramificații și treceri reciproc perpendiculare sau înclinate, sau cu ramificații drepte sau curbe.

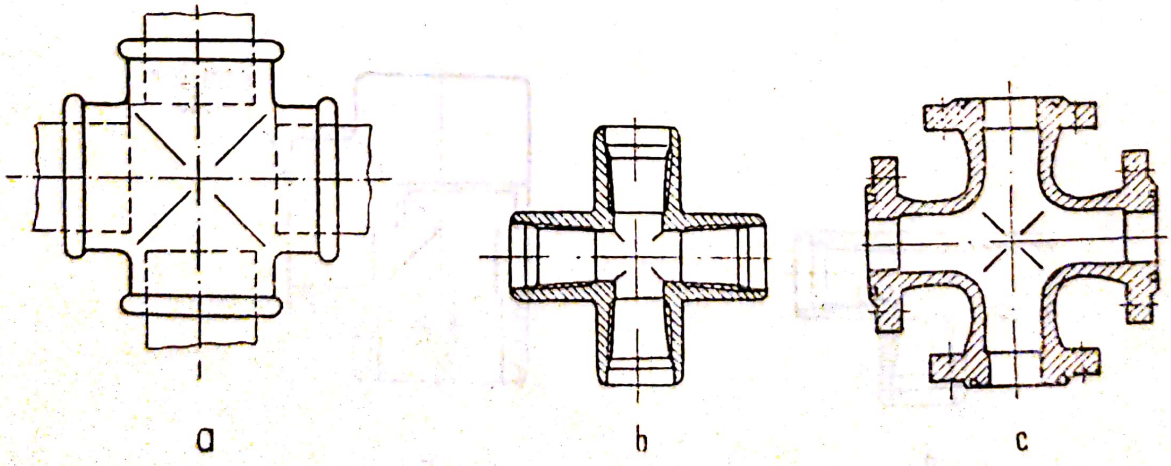


Fig. 65. Cruci:
a — din fontă maleabilă, din oțel; *b* — cu filet; *c* — cu flanșă de mare presiune.

5. Dopuri, flanşe oarbe, capace pentru închidere

Închiderea unui capăt de conductă sau a unui orificiu de tubulatură, se realizează cu *dopuri*, *capace*, *blinde* şi *flanşe oarbe*.

Cele mai folosite sînt dopurile filetate din oţel forjat (fig. 66, *a*) sau din fontă maleabilă (fig. 66, *b*) care sînt standardizate, pe cînd dopurile presate au mai puţine aplicaţii.

Capacele plate, sînt standardizate în ţara noastră fiind : filetate din fontă maleabilă (fig. 67, *a*) sau din policlorură de vinil neplastifiată (fig. 67, *b*).

Se mai folosesc şi capace plate sudate, nestandardizate, din care cîteva variante constructive sînt redate în figura 68.

Capacele bombate pot fi realizate prin turnare, forjare sau ambutisare şi se îmbină cu ţevile prin flanşe sau prin sudare în capul ţevii.

Flanşele oarbe (fig. 69) sînt standardizate şi se utilizează la închiderea capetelor de conductă. Ele sînt verificate periodic.

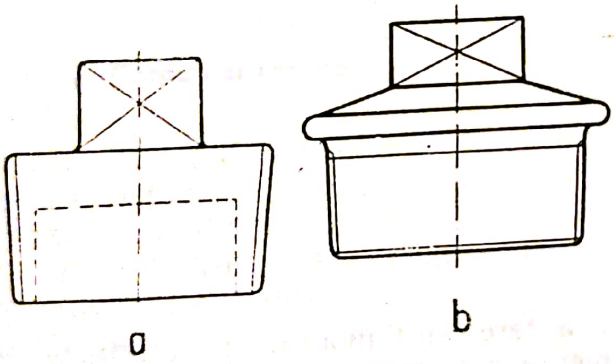


Fig. 66. Dopuri :
a — forjat din oţel ; *b* — din fontă maleabilă.

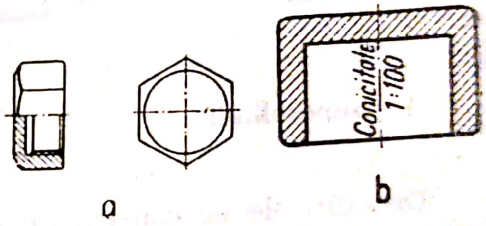


Fig. 67. Capace :
a — fontă ; *b* — PCV.

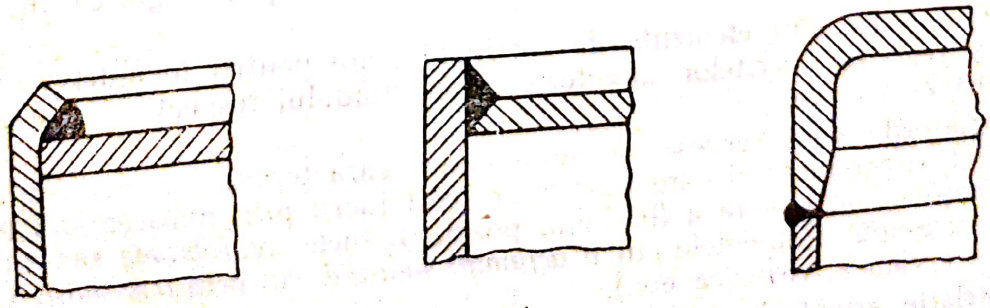


Fig. 68. Capace plane sudate.

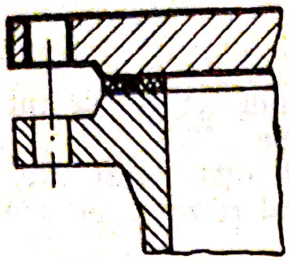


Fig. 69. Flanșă oarbă.

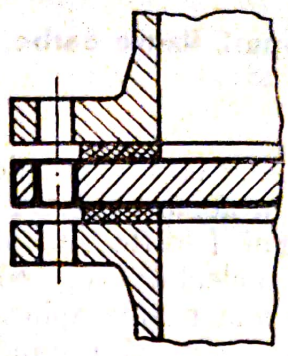


Fig. 70. Blindă

Blindele au forma unor discuri circulare din tablă cu grosimea de 2–3 mm, care sînt așezate între două flanșe (fig. 70) în scopul separării unei porțiuni de conductă sau unui anumit utilaj. Sînt adesea utilizate în instalații, fiind eficace. Ele au diferite forme, cu sau fără mîner și indică precis prin poziția pe care o au, dacă s-a făcut sau nu blindarea conductei.

J. ARMĂTURI

1. Generalități

Dispozitivele de construcție specială care sînt montate pe conducte, la intrarea sau la ieșirea diferitelor recipiente care conțin fluide și care servesc la asigurarea circulației acestor fluide și la stabilirea unui sens sau debit de curgere, se numesc *armături*.

Acest lucru se poate realiza prin întreruperea parțială sau totală a unui circuit, prin reglarea presiunii sau a debitului sau prin reglarea nivelului fluidului respectiv.

De fapt, ele sînt elemente de conductă, care pentru închiderea, transportul și reglarea diferitelor caracteristici ale fluidului respectiv, își modifică secțiunea de trecere.

Armăturile care servesc la modificarea caracteristicilor curentului de fluid dintr-o conductă și care realizează acest lucru prin mărirea sau micșorarea secțiunii de trecere a fluidului, poartă numele de *robinete* sau în mod impropriu *ventile*. Robinetele pot fi *acționate manual* sau prin *transmisie* (pneumatică, mecanică, electrică etc.).

Celelalte armături, denumite în general sub numele de *clapete*, *ventile de siguranță*, *regulatoare* etc., servesc ca armături de reglare a presiunii, de-

bitului sau nivelului, ca armături de siguranță pentru prevenirea creșterii presiunii fluidului peste o anumită valoare, ca armături de reținere care asigură curgerea numai într-un singur sens, ca armături pentru cazuri de avarie și blocaj, ca armături care servesc la întreruperea curgerii în momentul în care se produce avaria. Manevrarea acestora se face automat. După cum s-a arătat, prin modificarea secțiunii de trecere, efectele principale obținute de armături sînt de închidere, distribuție, reglare, siguranță, reținere etc.

2. Organele principale ale armăturilor

Organele principale ale armăturilor, au forme specifice, conform condițiilor funcționale caracteristice fiecărui efect urmărit. Datorită funcționării diferite, aceste organe nu pot să fie schimbate între ele, cu toate că sînt asemănătoare de la un tip la altul. Aceste organe principale sînt : corpurile și capacele, tijele și inelele de etanșare.

a. Corpuri și capace

Corpul propriu-zis, reprezintă partea principală a armăturii, care formează împreună cu capacul respectiv, spațiul în care se găsește orificiul de trecere a fluidului și mecanismul de închidere necesar.

Corpul armăturilor poate fi executat astfel încît să permită trecerea în direcție neschimbată a lichidului sau cu posibilități diferite de schimbare a direcției fluidului și a numărului de racorduri la ieșirea din armătură.

Corpurile armăturilor se execută din fontă, oțel sau din bronz, prin turnare, cuprinzînd în aceeași piesă corpul propriu-zis, flanșa capacului și flanșele laterale de legătură (fig. 71). Ele pot fi de diferite forme (fig 72).

Stabilirea grosimii pereților corpurilor de armături se face printr-un calcul de rezistență al acestora, la presiunea interioară, ținîndu-se seama de coeficienții de siguranță care să garanteze rezistența armăturii atît la solicitările interne provocate de variația tensiunilor în ansamblul instalației în care este montată, cît și la diferențele de temperatură provocate de variația temperaturii fluidului.

Capacele corpurilor armăturilor sînt executate din același material ca și corpul acestora.

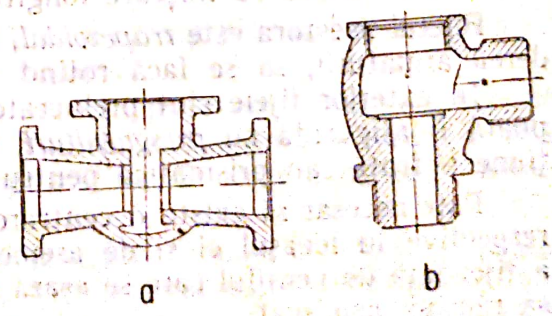


Fig. 71. Corpuri de armături :
a — de robinet cu sertar ; b — de robinet de colț cu ventil.

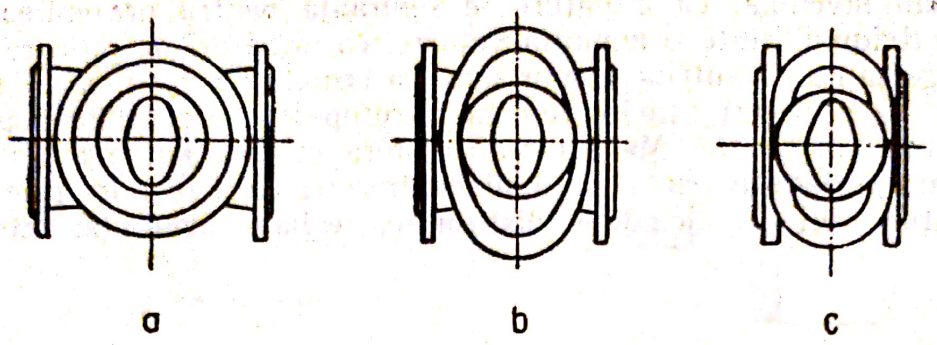


Fig. 72. Forme uzuale pentru corpurile de armături:
a — rotund ; *b* — oval ; *c* — plat.

Asamblarea armăturilor cu conducta se face prin îmbinări speciale demontabile (prin filet, flanșe) și nedemontabile (sudate).

b. Tije pentru armături

Închiderea orificiului de trecere a fluidului prin corpul armăturii, se realizează de cele mai multe ori cu ajutorul unui sertar sau a unui ventil, acționate printr-o *tijă* sau o *roată de manevră* montată exterior.

Tija este filetată la partea de sus sau de jos, astfel încît prin rotirea sa efectuată din exterior, să se poată deplasa longitudinal într-un plan perpendicular pe planul orificiului de trecere a fluidului și să permită ventilului respectiv să se așeze pe scaunul orificiului și să-l închidă. Același lucru se poate spune în cazul în care tija conduce pana de închidere a robinetelor cu sertar.

În general, în funcție de construcția lor, tijele se împart în :
- rotative cu mișcare longitudinală (fig. 73, *a*) ;
- rotative fără mișcare longitudinală (fig. 73, *b*) ;
- nerotative cu mișcare longitudinală (fig. 73, *c*).

Filetul acestora este *trapezoidal*, iar sensul său este ales astfel încît închiderea armăturii, să se facă rotind tija în sensul acelor de ceasornic.

În exterior tijele sînt prelucrate cilindric, în așa fel ca etanșarea lor să poată fi asigurată cu *presgarnituri*, iar capetele acestora, se execută cu secțiune patrată sau prismatică pentru fixarea roții de manevră.

Este necesar să existe o centrare riguroasă a ventilului pe scaun, a penei respective în locașul ei și de asemenea să fie permisă rotirea independentă a tijei față de ventilul care se așază pe scaun și care în acel moment trebuie să rămînă nemișcat.

În scopul unei închideri perfecte, se recomandă ca suprafețele de contact să fie șlefuite.

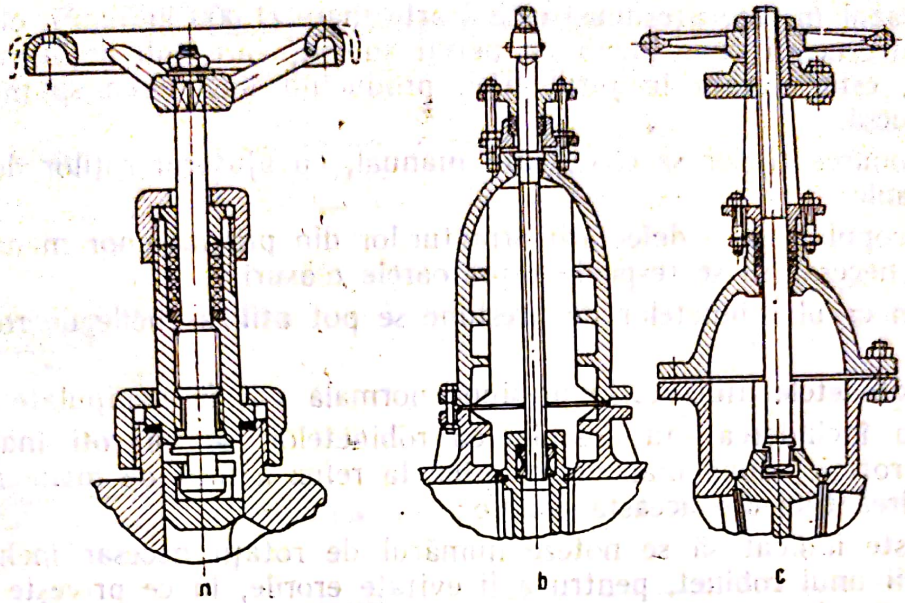


Fig. 73. Tipuri de tije pentru armături.

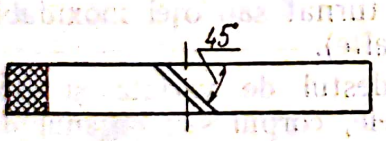


Fig. 74. Garnituri pentru presgarnitură.

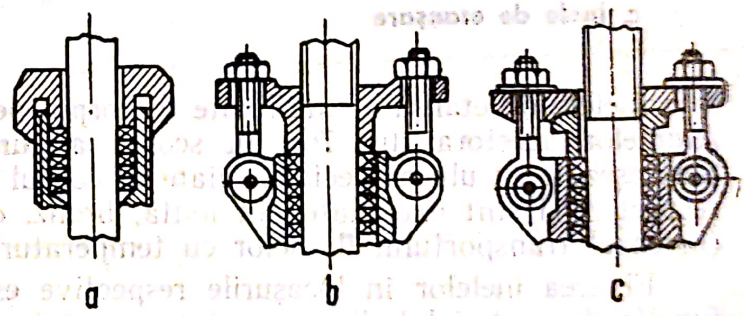


Fig. 75. Tipuri de presgarnituri pentru armături.

În figura 74, este prezentată o garnitură a presgarniturii, iar în figura 75, diferite tipuri de presgarnituri pentru armături.

În general, garniturile sînt făcute din cînepă pentru temperaturi sub 100°C și din azbest pentru temperaturi pînă la 450°C (în acest caz se mai adaugă și grafit în scopul obținerii proprietăților de ungere necesare manevrării tijei armăturii în presgarnitură).

În cazul *armăturilor de reglare*, pentru obținerea unei sensibilități accentuate, este necesară o ungere mai bună care să împiedice eventualele forțe de frecare ivite între tijă și presgarnitură. De aceea, în locașul dintre tijă și capacul armăturii, se montează o bucșă intermediară și un sistem de ungere (pahar, ungător etc.), care unge continuu spațiul dintre bucșă și tijă.

În cazul în care presiunea este foarte mare (1 000 kgf/cm²), etanşarea la tijă se efectuează cu o bucşă cu pereţi subţiri, care sub acţiunea presiunii fluidului, este presată în jurul tijei, producînd închiderea spaţiului dintre tijă şi bucşă.

Acţionarea tijelor se efectuează manual, cu ajutorul roţilor de manevră sau mecanic.

În scopul evitării defectării armăturilor din pricina unor manevrări greşite este necesar să se respecte următoarele măsuri :

– în cazul robinetelor de presiune se pot utiliza cheile de robinet speciale ;

– robinetele utilizate la presiune normală vor fi manipulate cu mîna ;

– la închiderea sau deschiderea robinetelor, se va roti înapoi cu un sfert de rotaţie, după manevrarea pînă la refuz a roţii de manevră, pentru desţepenirea tijei din această poziţie ;

– este indicat să se noteze numărul de rotaţii necesar închiderii sau deschiderii unui robinet, pentru a fi evitate erorile, în ce priveşte siguranţa manipulării sale.

c. Inele de etanşare

Inelele de etanşare sînt fixate în corpul penei sau ventilului şi în corpul scaunelor acestora (fig. 76), în scopul asigurării unei etanşeităţi perfecte. Sînt aşezate în uluce speciale, tăiate în corpul ventilului, penei sau scaunului respectiv, şi sînt executate din fontă, bronz, oţel turnat sau oţel inoxidabil (în cazul transportului fluidelor cu temperaturi înalte).

Fixarea inelelor în locaşurile respective este destul de variată şi este funcţie de materialul din care sînt executate inelele, corpul sau organul de

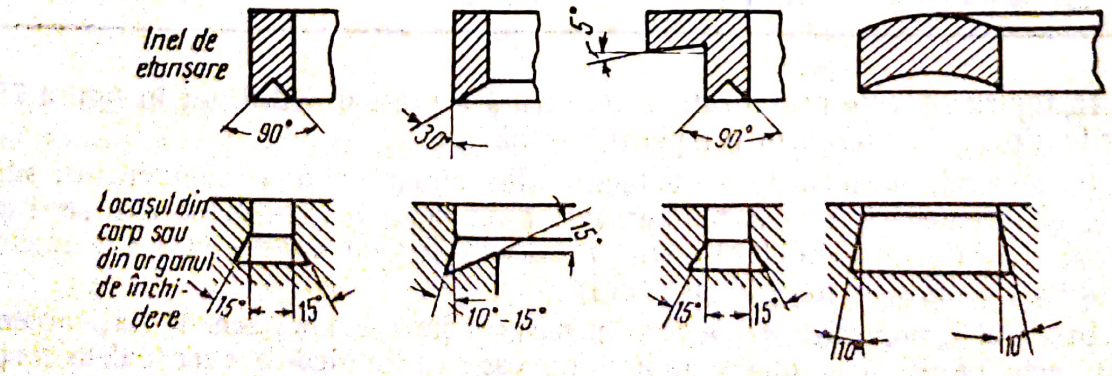
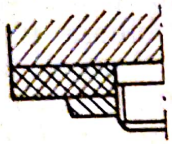
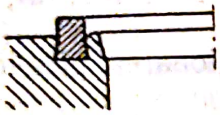
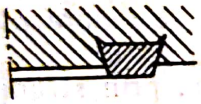
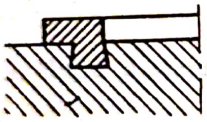
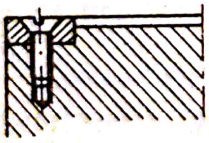
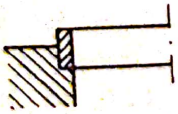
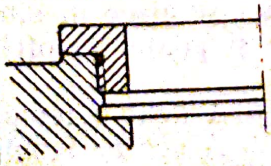


Fig. 76. Inele de etanşare şi locaşuri corespunzătoare.

Tabela 8

Exemple de fixarea inelelor de etanşare

Schiţa	Material		Observaţii
	Inel	Corp de fixare	
	Piele	Fontă	Inel moale cu strîngere prin piuliţă
	Orice metal	Fontă şi oţel	Inel cilindric presat
	Aliaje de cupru şi de nichel	Fontă şi oţel	Deformare plastică
	Aliaje de nichel şi oţel inoxidabil	Fontă şi oţel	Deformare plastică
	Bronz	Fontă şi oţel	Cu şuruburi de fixare
	Orice metal	Oţel	Mandrinare normală
	Orice metal	Orice metal	Cu filet, cu etanşare pe gulerul inelului

închidere în care se fixează. Dacă inelul este din masă plastică, iar locașul de fixare este din fontă sau din oțel, fixarea se realizează prin *presare*. Tot prin presare se fixează inelele din oțel inoxidabil în corpuri din oțel.

Se mai utilizează fixarea inelelor prin șuruburi, filet sau cu o piuliță clandeză (tabela 8).

Pentru ca etanșarea să fie perfectă, fixarea inelelor de etanșare trebuie să îndeplinească următoarele condiții principale:

– să nu permită pătrunderea fluidului în spațiul dintre inel și corpul de fixare sau prin spațiul dintre inelele organului de închidere și cele ale scaunului;

– să poată fi executat cu ușurință;

– să fie cît mai durabil.

În urma executării unei armături sau a reparării acesteia, se încearcă la rezistență mecanică și etanșeitate, întregul ansamblu finit montat, prin *încercări (hidraulice sau pneumatice)*.

Prin normele standardizate, elaborate, pentru recepționarea pieselor se precizează următoarele:

– suprafața robinetelor nu trebuie să aibă defecte care influențează rezistența sau etanșeitatea;

– defectele provenite din turnarea robinetelor din oțel, se repară *numai* prin sudare, apoi se supun recoacerii;

– robinetele prea lungi sînt aduse la lungimile prescrise, prin strunjirea flanșelor de racord. Nu se admite însă o subțiere a flanșelor mai mare decît de două ori abaterea la grosime.

3. Clasificarea armăturilor

Armăturile se pot clasifica după următoarele criterii:

– după materialul utilizat;

– după destinație și modul de execuție;

– după montare;

– după presiunea de regim.

a. Materialul

Materialul utilizat la fabricarea corpurilor sau capacelor se alege în funcție de presiunea și de temperatura fluidului de circulație și poate fi: oțelul aliat sau nealiat, fonta cenușie, bronzul și alama.

Oțelul întrebuințat în acest scop este cel *turnat* OT 45 A pentru temperaturi sub 425°C și presiuni de 25 pînă la 40 kgf/cm², OT 50 A pentru temperaturi pînă la 425°C și presiuni de 64 pînă la 100 kgf/cm², OT 55 A pentru pre-

siuni cuprinse între 160 și 250 kgf/cm² și cel aliat pentru temperaturi de 425°C și toate presiunile.

Fonta ceniuşe se utilizează pentru executarea armăturilor de joasă presiune. În general pentru armături folosite la presiuni de 10 pînă la 16 kgf/cm², se utilizează *fonta cenuşie* Fc 15, iar pentru presiuni de 25 kgf/cm², *fonta cenuşie* Fc 20.

În industria chimică și petrolieră există inconvenientul pericolului spargerii acestora din pricina tensiunilor ce pot apare la transportul fluidelor cu temperaturi și presiuni ridicate.

Aliajele pe bază de cupru sînt folosite pentru executarea armăturilor cu diametru mic și presiuni sub 16 kgf/cm². Aceste armături se toarnă și se prelucrează ușor, nu au nevoie de inele de etanșare pentru mărirea etanșeității și pot fi folosite în condiții foarte bune la transportul fluidelor cu temperaturi pînă la 100°C.

În cazuri speciale, cînd se transportă fluide agresive, armăturile sînt executate din materiale rezistente la acestea. Astfel în industria chimică, unde temperatura permite (între 10 și 40°C) la transportul acizilor, se folosesc în ultima vreme armături din *materiale plastice* din grupa vinilinului.

În afară de materialul din care sînt executate corpurile și capacele armăturilor, trebuie ținut seama de materialul inelelor de etanșare, a tijelor și pieselor de fixare a armăturilor, deoarece în funcție de *materialul preponderent* utilizat la fabricarea acestora se clasifică armăturile în: armături de oțel, armături din fontă, armături din bronz și alamă.

b. După destinație și modul de execuție

Armăturile se împart în două mari categorii:

— comandate manual sau prin transmisie (denumite în general robinete);

— comandate automat (armături de reglare, siguranță, reținere etc.).

Armăturile cu închidere comandată sînt utilizate pentru trei scopuri principale:

— fac închiderea etanșă a legăturii între diferitele părți ale conductelor, purtînd numele de *armături de închidere*;

— întrerup legătura unei porțiuni de conductă și fac legătura cu alte porțiuni, dirijînd în altă direcție curgerea fluidului — și poartă numele de *armături de distribuție.*;

— reduc presiunea fluidului — purtînd denumirea *armături de laminare.*

Sînt cunoascute cu numele de *robinete*, fie cu *ventil* cele care au organul de închidere un *ventil* ce se deplasează pe direcția axei scaunului, fie cu *sertar* (vană) cele la care organul de închidere este un *disc* care se deplasează într-un

plan perpendicular pe direcția de curgere, fie cu *cep* (canale) cele la care organul de închidere este un cep care se rotește în jurul axei sale.

Robinetele cu ventil (fig. 77) sînt cele mai utilizate armături de închidere. Ele au corpul în formă de butoi, cu un perete despărțitor, longitudinal, care are la partea sa orizontală, mijlocie, orificiul de trecere al fluidului prin robinet.

După direcția orificiilor de intrare și ieșire, robinetele cu ventil se împart, în robinete de trecere cînd orificiile de intrare și ieșire sînt pe aceeași direcție (fig. 77) și *robinete de colț* în cazul în care cele două robinete sînt perpendiculare (fig. 78).

În funcție de construcția capetelor de legătură ale robinetului la conductă, se deosebesc robinete cu mufe filetate (fig. 77, *a* și 78) sau cu flanșă (fig. 77, *b*).

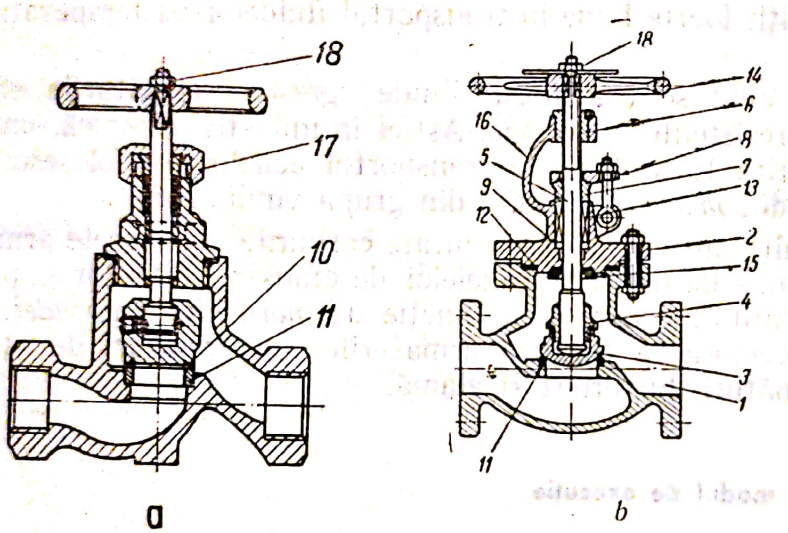


Fig. 77. Robinete cu ventil:

a — cu mufe filetate; *b* — cu flanșe; *1* — corp; *2* — capac; *3* — ventil; *4* — piuliță de strîngere; *5* — tijă; *6* — bucșă de presiune; *8* — flanșa presgarniturii; *9* — inel de fund; *10* — inel de etanșare al ventilului; *11* — inel de etanșare al corpului; *12* — garnitură; *13* — garnitura tijei; *14* — roata de manevră; *15* — bucșă de ghidare și etanșare superioară; *16* — arcadă; *17* — piulița presgarniturii; *18* — piulița roții de manevră.

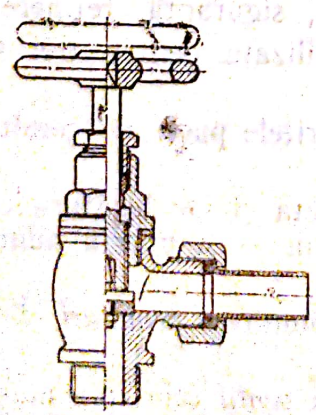


Fig. 78. Robinet de colț cu ventil

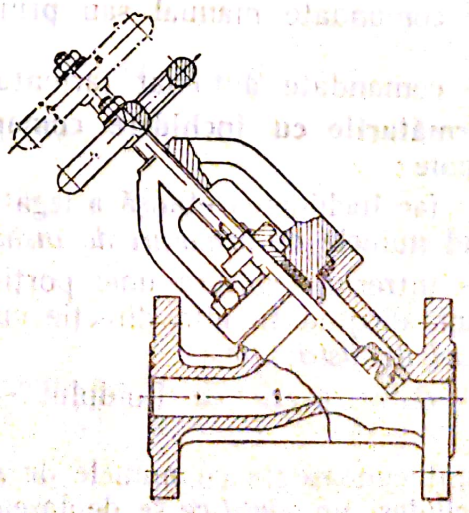


Fig. 79. Robinet drept din fontă cu tije înclinată.

Comparîndu-le cu robinetele cu cep sau cu sertar se poate constata că robinetele cu ventil au rezistenţă hidraulică mai mare, datorită faptului că lichidul îşi schimbă direcţia la trecerea lui prin ventil. Totuşi prezintă avantaje evidente care determină utilizarea lor pe scară largă după cum urmează: simplitate în execuţie, greutate mai mică, etanşeitate mai bună la închiderea orificiului de trecere, manipulare comodă (se închid şi se deschid uşor datorită cursei mici a mecanismului de închidere), siguranţă în funcţionare şi funcţionare îndelungată.

Pentru a fi înlăturat dezavantajul pierderii presiunii din pricina rezistenţei hidraulice la robinet, se execută *robinete cu ventil înclinate*, care au tija ventilului înclinată la 45° faţă de axa perpendiculară pe planul flanşelor (fig. 79). Acest tip de robinet are o rezistenţă mai mică la trecerea fluidelor însă timpul de închidere-deschidere este mult mai mare decît la robinetul normal.

Robinetele cu ventil se utilizează mai mult pentru conductele de apă şi abur. Nu sînt folosite în general la conductele de gaze sau de produse petroliere şi mai ales la transportul lichidelor cu viscozitate mare.

Robinetele cu sertar se închid şi se deschid cu ajutorul unui disc cu supra-

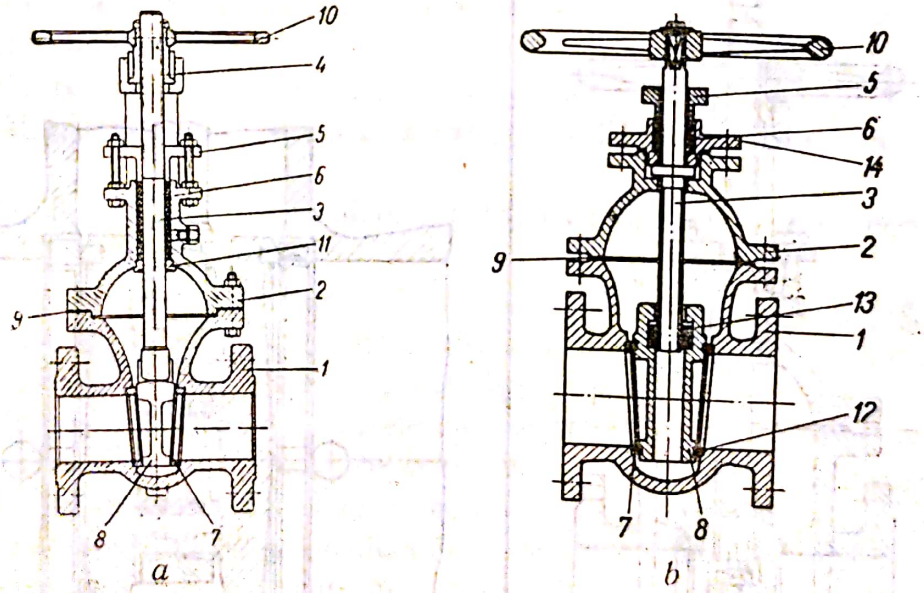


Fig. 80. Robinete cu sertar şi tijă:

a — ascendentă; *b* — descendentă; *1* — corp; *2* — capac; *3* — tijă; *4* — bucşă filetată de manevră; *5* — bucşă de presiune; *6* — garnitura tijei; *7* — inel de etanşare din corp; *8* — sertar; *9* — garnitură; *10* — roată de manevră; *11* — bucşă de ghidare şi etanşare superioară; *12* — inel de etanşare din sertar; *13* — piuliţă de manevră; *14* — cutia presgarniturii.

fețe paralele sau înclinate, care se deplasează în sus sau în jos, cu ajutorul tijei manevrate din afară prin intermediul roții de manevră.

Aceste robinete pot fi de diferite forme constructive astfel :

– după forma corpului, ele pot fi cu corp plat, oval și rotund ;

– sertarul poate fi din fontă sau din oțel turnat în formă de pană (fig. 80) sau cu fețe paralele (fig. 81) ;

– după felul tijei, cu tija ascendentă (fig. 80, *a*) sau descendentă (fig. 80, *b*).

Robinetele care au pana formată din două discuri înclinate, au mai multă putere de etanșare, din care motiv sînt utilizate la transportul gazelor și al aburului supraîncălzit. Aceste discuri ale penei sînt articulate între ele printr-un sistem de intrînd-ieșind de pe un disc pe celălalt. Sertarele cu suprafețe paralele pot fi de mai multe tipuri, după felul construcției :

– cu două discuri și pană de distanțare (fig. 81) ;
– cu autoetanșare fără dispozitive de distanțare ;
– cu discuri comandate mecanic (fig. 82) ;
– cu ungere.

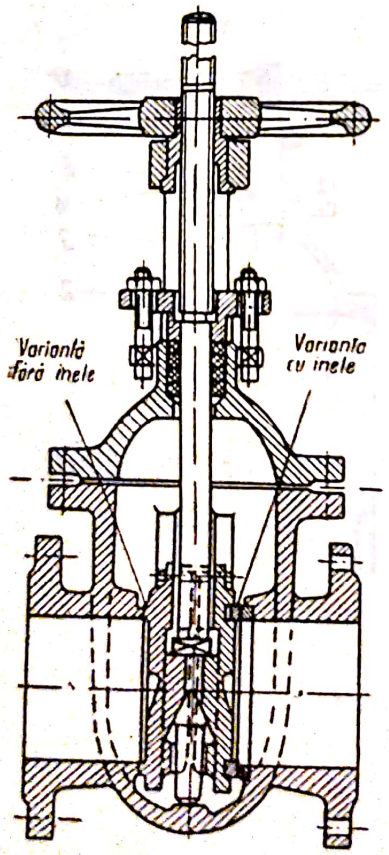


Fig. 81 Robinet cu pană cu fețe paralele.

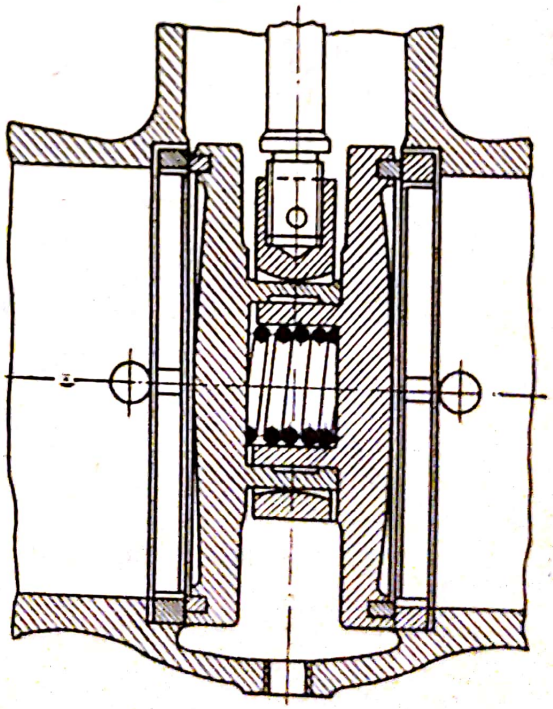


Fig. 82. Discuri acționate cu arcuri la robinet cu pene paralele

Cele mai des utilizate sînt cele cu dispozitive de distanţare, plasate într-un mod oarecare între cele două discuri ale penei. Robinetele cu autoetanşare asigură etanşeitatea prin presiunea fluidului din conductă pe una din feţele organului de închidere şi sînt folosite în special la conductele de abur.

Un alt tip de robinet cu sertar, este acela cu *tija ascendentă*, cu filetul în exteriorul corpului, folosit în cazul transportării fluidelor corosive, deoarece fluidul nu vine în contact direct cu filetul şi deci nu-l corodează.

Robinetele cu sertar prezintă unele dezavantaje faţă de celelalte tipuri de robinete : sînt mai scumpe, au un grad de etanşare mai mic decît robinetele cu ventil şi se uzează mai repede decît acestea. Datorită faptului însă că sînt precise privind reglarea închiderii şi deschiderii, au un gabarit redus, prezintă efort minim la acţionare şi au rezistenţa hidraulică mică, sînt utilizate la transportul produselor petroliere calde sau reci şi în special pentru transportul fluidelor cu densitate şi viscozitate mare.

Robinetele cu cep au organul de închidere în formă de cep (tronconi) care se roteşte în interiorul corpului. Cepul are un orificiu de trecere care permite stabilirea comunicaţiei între capetele de conductă respective, iar etanşarea este asigurată de către presiunea care menţine cepul în corpul respectiv.

Corpul este conic cu două, trei sau patru căi aşezate simetric în jurul axei lui şi care se termină cu mufe sau cu flanşe pentru legătură. Robinetul cu două căi este denumit *robinet de trecere*, iar celelalte robinete sînt de distribuţie.

Ele pot fi, din punct de vedere constructiv : simple, cu cep mobil şi de ungere.

Robinetele simple cu cep pot fi de trei feluri, după modul de transmitere a efortului de apăsare a cepului în corp şi anume : robinete cu strîngere (fig. 83, *a*), robinete cu presgarnitură (fig. 83, *b*) şi robinete cu arc (fig. 83, *c*).

De cele mai multe ori, robinetele cu cep, sînt utilizate pentru conducte cu diametrul mic, deoarece forţa de frecare în corp care asigură etanşarea închiderii, devine foarte mare o dată cu mărirea suprafeţei de frecare a cepului.

Robinetele cu cep mobil se închid sau se deschid după cum se ridică cepul. În felul acesta nu există frecare între suprafeţele de etanşare. Poziţia maximă a cepului, cînd acesta şi-a terminat rotirea lui, asigură etanşarea robinetului. Acest lucru se realizează cu ajutorul unei pîrghii. De obicei, astfel de robinete sînt prevăzute cu două pîrghii : una pentru ridicarea cepului şi apăsarea lui în corp şi cealaltă numai pentru rotirea acestuia.

Robinetele cu ungere (fig. 84) realizează ungerea continuă a contactului dintre suprafaţa cepului şi locaşul acestuia.

Scanned with OKEN Scanner

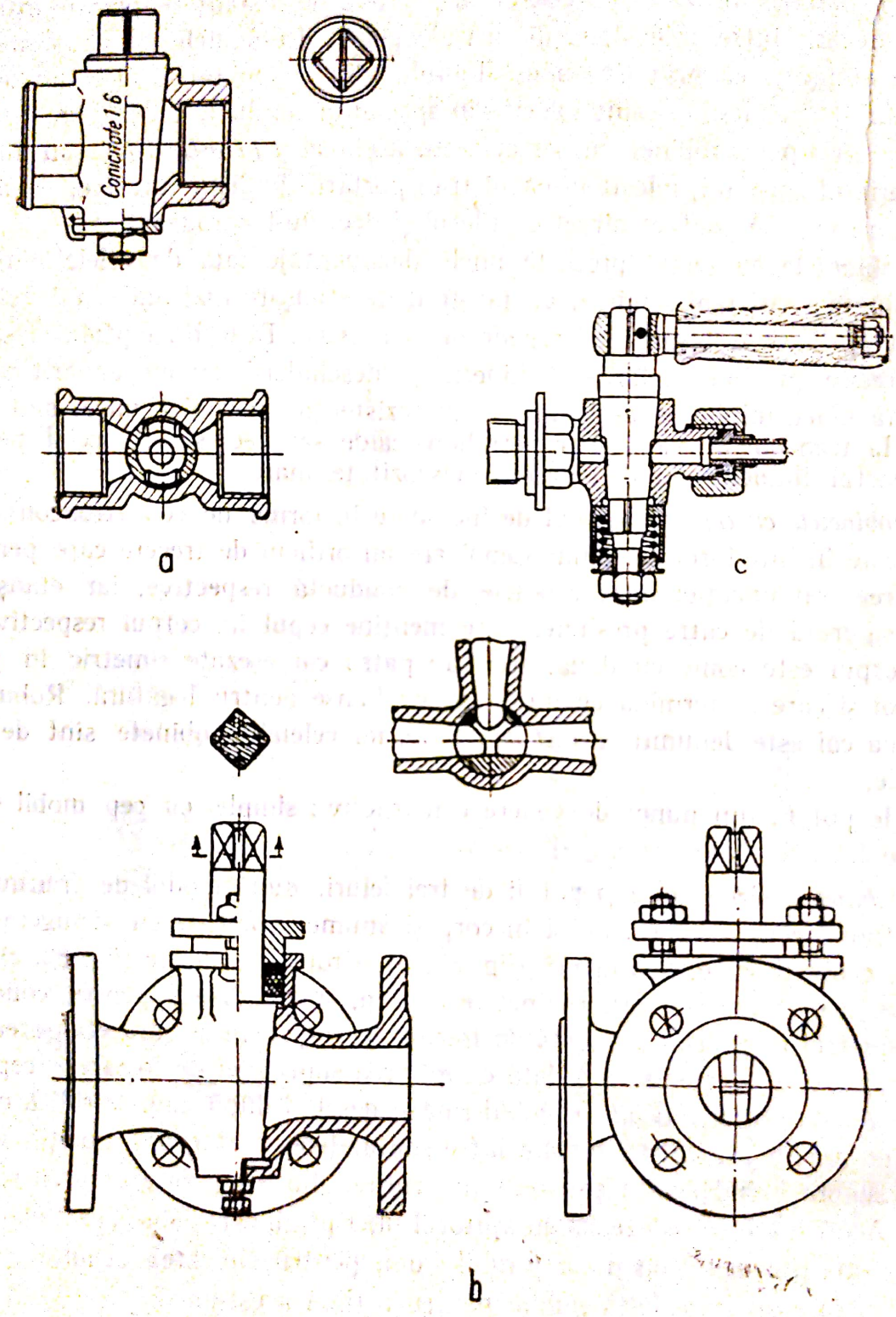


Fig. 83. Robinete simple cu cep de închidere.

Scanned with OKEN Scanner

Alimentarea cu lubrifianți se realizează astfel : în locașul *2* se depozitează lubrifiantul care este presat cu ajutorul șurubului *1*, prin supapa de reținere *3*, în canalele orizontale *4*, în canalul central *5* și în canalele orizontale superioare *6*, ale cepului 7. De aici unsoarea trece în canalele superioare înclinate *8* și apoi prin canalele orizontale inferioare *9*, ajunge în cavitatea *10* de sub cep. În acest fel se obține ungerea suprafețelor de frecare, iar dacă se produce înțepenirea cepului în locaș, uleiul presat prin rotirea șurubului *1* în cavitatea *10* de sub cep, îl ridică pe acesta în sus, stabilind funcționarea lui normală. Apăsarea necesară etanșării se execută cu ajutorul capacului *11*.

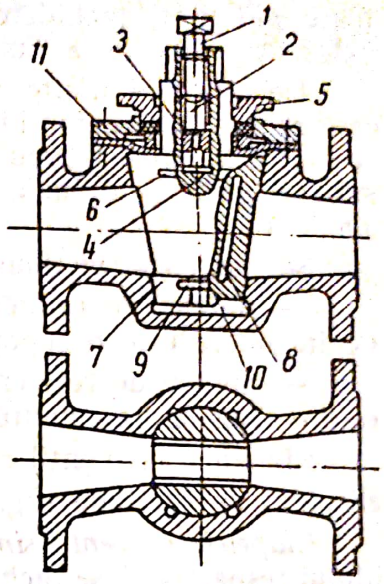


Fig. 84. Robinet cu cep cu ungere.

Robinetele cu cep se utilizează la presiuni între 6 și 16 kgf/cm² și se execută din fontă cenușie, fontă și bronz sau numai bronz. Ele prezintă o serie de avantaje ca : rezistență hidraulică redusă, simplitate, preț de cost redus, etanșeitate bună, rapiditate la manevrare, deservire simplă, care le fac utilizabile la conductele de gaze și la instalațiile de apă, cînd presiunea acestora este de 6 kgf/cm². Este necesar însă să fie des observate, deoarece există posibilitatea gripării cepului, precum și a uzurii rapide a suprafețelor de lucru.

Armături manevrate automat. În afara armăturilor acționate manual sau cu ajutorul dispozitivelor mecanice, electrice, pneumatice etc., sînt o serie de armături care sînt folosite pentru reglare, reținere, siguranță etc., fiind comandate automat. Aceste armături se pot clasifica în :

- armături de reglare ;
- armături de siguranță ;
- armături de reținere ;
- armături de avarie și blocare ;
- oale de condensat ;
- armături de semnalizare.

Armăturile de reglare sînt folosite în scopul menținerii elementelor curgerii, la valori constante stabilite și se disting ca fiind mai importante *regulatoarele automate de debit, nivel, temperatură și presiune.*

Supapele de siguranță sînt armături care se utilizează în scopul de a preveni creșterea presiunii fluidului din conductă peste valoarea prescrisă.

Descrierea, funcționarea și calculul supapelor de siguranță sînt redate în capitolul IV.

Armăturile de reținere, permit circulația fluidului într-un singur sens împiedicîndu-l să circule într-un sens nedorit. Sînt dispozitive simple, acțio-

nate automat, închiderea, deschiderea făcîndu-se datorită variației elementelor de circulație a fluidului respectiv.

De cele mai multe ori, armăturile de reținere, sînt supape de tip venti care se deschid de jos în sus sub acțiunea presiunii lichidului care circulă și se închid la oprirea circulației. Ele se așază în locaș sub greutatea lor proprie, sub acțiunea fluidului cînd tinde să circule în sens invers sau sub acțiunea unui arc.

Se pot construi două tipuri de armături de reținere:

– supape de reținere tip ventil sau clapete cu ventil, la care organul de închidere este o supapă de tip ventil;

– supape de reținere tip clapete cu valvă, la care organul de închidere este o clapetă basculantă.

Clapetele cu ventil se fabrică în general fără arc (fig. 85, *a*) sau cu arc elicoidal de presiune (fig. 85, *b*).

Clapetele cu ventil simplu (fără arc) se deschid sub acțiunea presiunii fluidului respectiv și se închid sub acțiunea greutății proprii, de aceea nu lucrează decît în poziție verticală. Cele cu arc pot funcționa în orice poziție, deoarece apăsarea ventilului pe scaun este realizată prin forța arcului respectiv.

După forma lor, clapetele cu ventil pot fi drepte sau de colț.

În afara tipurilor enumerate mai sus și care formează categoria *clapetelor fixe cu ventil*, se mai fabrică și *clapete* cu ventil reglabil, care au cursa variabilă, fiind reglabilă cu ajutorul unei tije manevrată din exterior cu ajutorul unei roți de manevră.

Clapetele cu valvă (fig. 86) au o rezistență hidraulică la trecerea fluidului mai mică decît clapetele cu ventil însă nu asigură o etanșare perfectă (mai

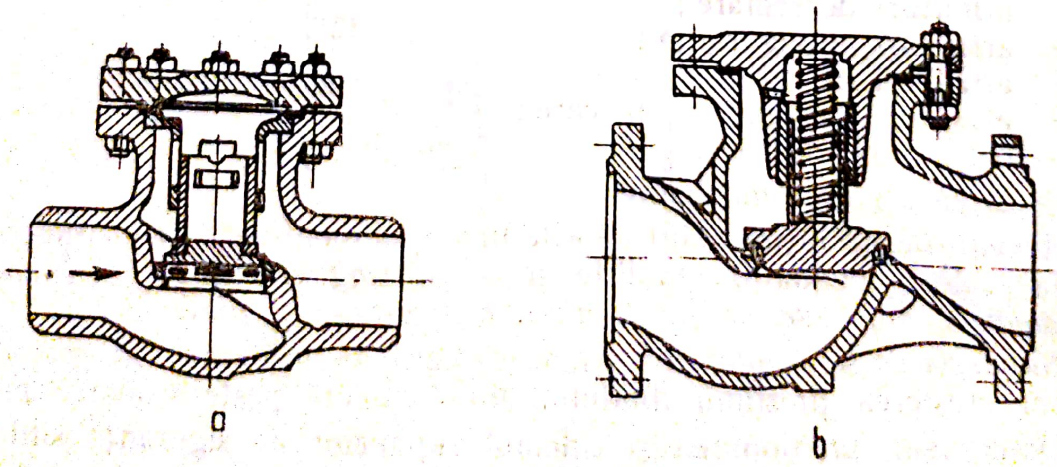


Fig. 85. Robinet de reținere cu ventil.

ales la presiuni mici). Acest neajuns este înlăturat prin montarea, în porțiunea care iese din corpul armăturii în exterior, a unei pîrghii cu greutate care să mărească apăsarea pe scaunul său.

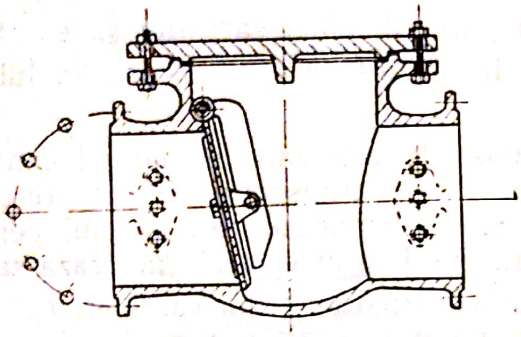


Fig. 86. Robinet de reținere cu valvă.

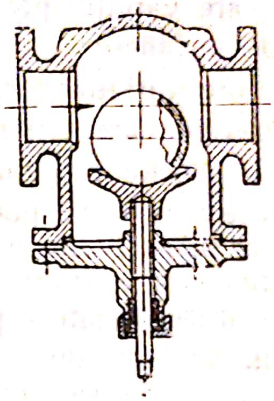


Fig. 87. Supapă de avarie cu bilă.

Pentru buna funcționare a clapetei, este necesară centrarea valvei pe scaun, care se asigură prin montarea sa pe o pîrghie masivă, cu ajutorul unui ax de formă specială. Se mai pot utiliza și diferite garnituri.

Clapetele cu ventil cît și cele cu valvă sînt executate din fontă pentru presiuni care variază între 10 și 25 kgf/cm² și temperaturi pînă la 100°C și din oțel pentru presiuni cuprinse între 25 și 250 kgf/cm² și temperaturi pînă la 500 C°.

Armăturile de avarie și blocare sînt folosite în scopul preîntîmpinării pierderilor de fluid în cazul avariilor apărute pe conductele de mare distanță și debit. În astfel de situații, pot surveni accidente grave și incendii, care pot fi înlăturate prin închiderea automată a accesului fluidului spre porțiunea avariată. Aparatura se compune din *supape de avarie* și *supape de blocare*.

Supapele de avarie sînt dispozitive care au în construcția supapei respective, un mecanism special de închidere care este pus în funcțiune în momentul în care sporește viteza fluidului datorită unei forțe care apare din pricina diferenței de presiune dintre interiorul conductei și exteriorul acesteia în momentul spargerii ei. Deschiderea supapei se face manual și electric.

Un sistem simplu de supapă de avarie este cel *cu bilă* (fig. 87).

În momentul creșterii vitezei, fluidul care trece prin corpul supapei prinde bila și o împinge în locașul ei, oprind astfel curgerea. Plasarea bilei este în funcție de debitul, deci de viteza probabilă a fluidului și poate fi realizată cu ajutorul unei tije de robinet acționată din afară.

Supapele de blocare sînt supape care sînt menținute deschise într-o curgere normală prin echilibrarea mecanismului respectiv, în legătură cu valorile

Scanned with OKEN Scanner

fixate pentru diferiți parametri ai curgerii. Dacă un parametru își schimbă valoarea, echilibrul mecanismului supapei se strică și acesta se închide automat, oprind curgerea.

După modul de executare, supapele de blocare sînt de două feluri:

– la care variația parametrilor curgerii acționează direct asupra mecanismului de închidere;

– la care variația parametrilor curgerii amorsează un sistem transmițător de energie, care acționează de la distanță asupra mecanismului de închidere al supapelor propriu-zise.

Din categoria I fac parte mecanismele acționate de un jet continuu al unui injector montat în conducta prin care se transportă fluidul. Jetul injectorului acționează continuu asupra unei membrane sau a unui pendul, pe care le ține într-o anumită poziție. În cazul în care jetul încetează sau scade presiunea în conductă din cauza modificării parametrilor caracteristici curgerii respective, pendulul sau membrana revin la poziția normală și se declanșează mecanismul de închidere.

Această revenire la poziția inițială, se poate realiza și de către personalul de deservire, printr-o manipulare exterioară. O supapă de blocare asemănătoare ca principiu de funcționare cu cea prezentată mai sus, este redată în figura 88.

Din categoria a II-a de supape, fac parte cele din figura 89, care funcționează astfel: ventilul de închidere *9* este menținut în poziția *deschis* de către pîrghia *7*, prinsă în zăvorul *4* prin cuiul său de zăvor *6*. Zăvorul *4* care se rotește în jurul axului său *5*, este menținut în poziția *armat* de către miezul de oțel *2* al solenoidului *1*. Solenoidul este alimentat cu curent electric continuu în tot timpul funcționării, iar alimentarea este condiționată de trecerea curentului printr-un întrerupător închis.

Deoarece supapa este folosită pe conducta de alimentare cu gaze a unui cuptor, cît timp flacăra este aprinsă circuitul curentului (închiderea circuitului prin acest întrerupător este asigurată de conductibilitatea electrică a flăcării) este asigurat și supapa rămîne deschisă. Cînd gazele se opresc, flacăra se stinge, circuitul se întrerupe și solenoidul declanșează miezul de fier care în cădere deschide zăvorul *4* și sub acțiunea arcurilor *3* și *8* și al tijei *11*, ventilul *10*, închide trecerea gazelor. Cînd revin gazele, se restabilește curentul electric și supapa *se rearmează* prin ridicarea manuală a pîrghiei *7*.

Oalele de condensat sînt folosite pe conductele unde se transportă gaze, care din cauza variațiunilor de presiune și temperatură, pot condensa sau lichefia, acumulînd în partea de jos a conductei cantități de lichid. Acest lucru se întîmplă la conductele de abur sau de gaze sărace, ce vin de la instalațiile de dezbenzinare și care mai conțin abur. De asemenea în cazul transportului gazelor bogate, hidrocarburile grele condensează și rămîn în partea de jos a

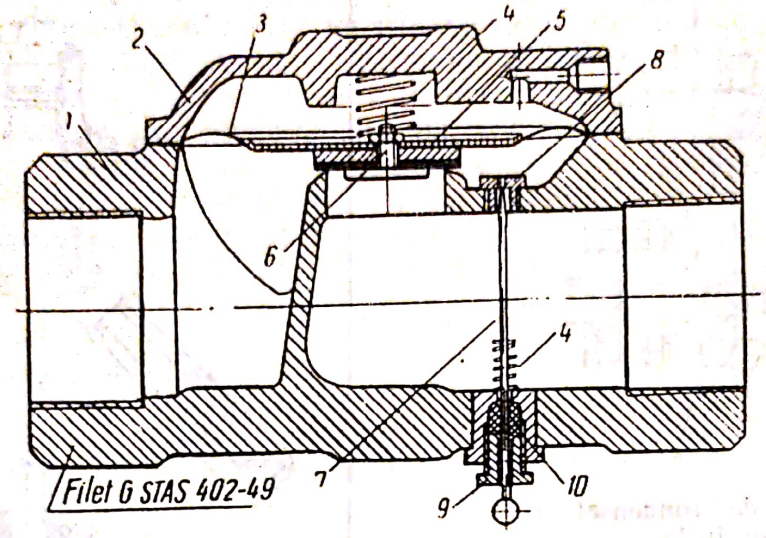


Fig. 88. Supapă de blocare pentru conducte de gaze:
1 — corp; *2* — capac; *3* — membrană de cauciuc; *4* — arc; *5* — disc de tablă; *6* — şurub; *7* — ac de alamă; *8* — scaunul acului; *9* — presgarnitură; *10* — garnitură.

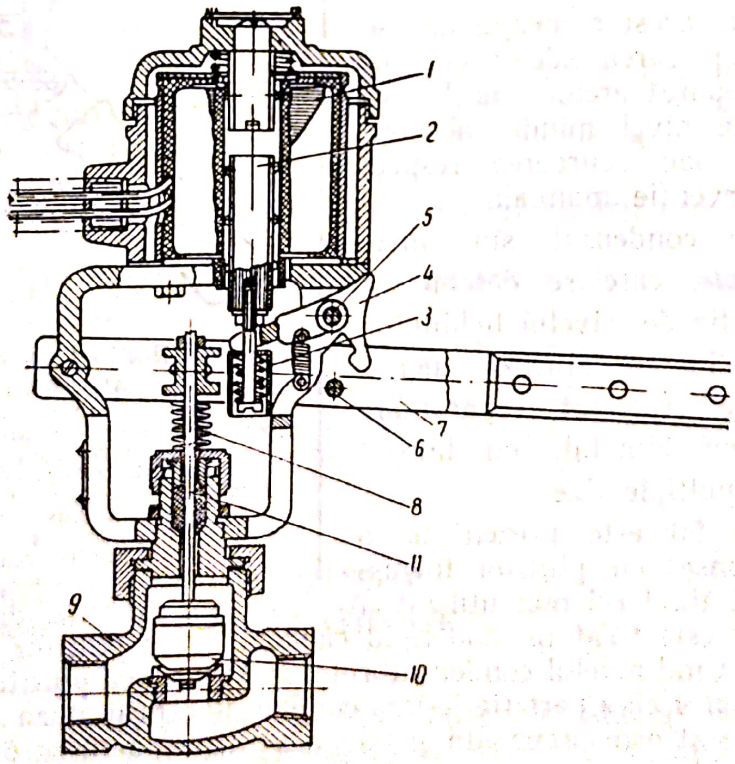


Fig. 89. Supapă de blocare acţionată electric.

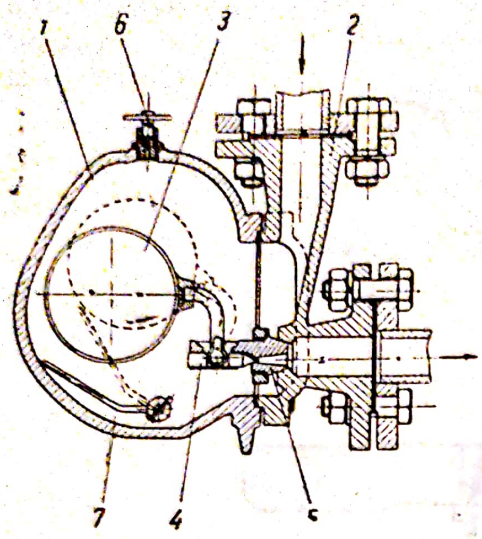


Fig. 90. Oală de condensat cu plutitor închis.

conductei, făcînd aproape imposibilă curgerea.

Înlăturarea acestor neajunsuri se realizează prin plasarea oalelor de condensat sau separatoarelor de lichid, în punctele de nivel minim al conductelor, care fac scurgerea respectivă fără intervenţie manuală.

Oalele de condensat sînt nişte *supape automate*, care se deschid şi închid în funcţie de nivelul lichidului.

Ele pot fi: cu plutitor închis, cu plutitor şi termostat, separatoare termostatice cu bimetal, cu burduf sau cu duze multiple fixe.

În figura 90 este prezentată o oală de condensat cu plutitor închis, care reprezintă tipul cel mai utilizat. Aceasta este formată dintr-un corp de oţel *1*, de care este fixat în mod rigid capacul *2*, un plutitor *3* şi un ventil de evacuare *4*. Cînd nivelul condensatorului creşte, ridică plutitorul *3* şi acesta deschide ventilul *4* care permite ieşirea condensului prin duza de evacuare *5*. Oala de condensat este prevăzută şi cu un ventil de aerisire *6* şi o pîrghie de acţionare manuală *7*.

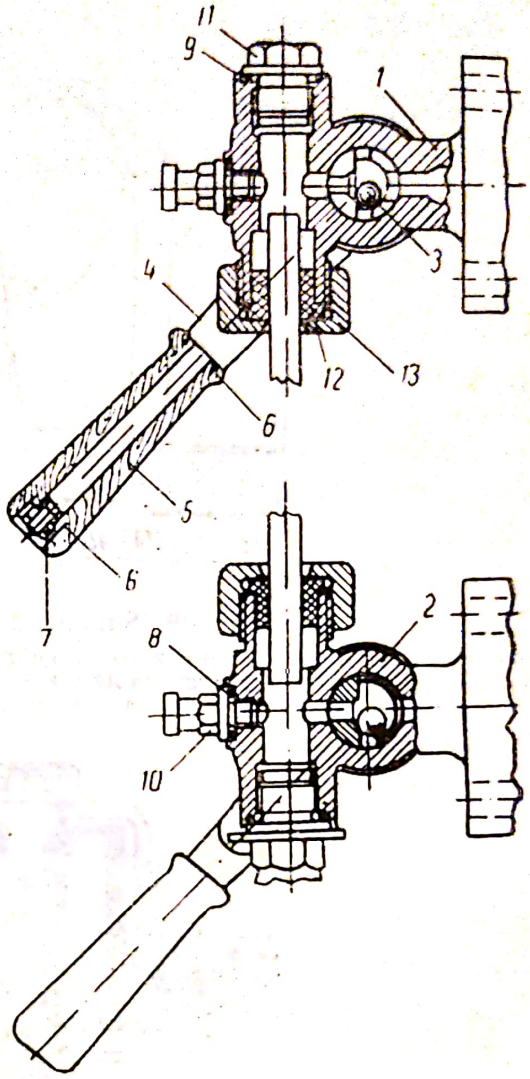


Fig. 91. Robinet cu cep pentru indicator de nivel:
1 — corpul robinetului superior; *2* — corpul robinetului inferior; *3* — bilă; *4* — mînerul robinetului; *5* — manşon; *6* — capsulă de protecţie; *7* — piuliţă crestată; *8* — garnitură şurub central; *9* — garnitură dop; *10* — şurub de control; *11* — dop; *12* — garnitură; *13* — piuliţă olandeză.

Armăturile de semnalizare sînt folosite mai ales ca indicatoare de nive utilizate la separatoarele de gaze şi ţiţei şi la cazanele de abur. Sînt compuse

din două robinete cu cep, care fac legătura între recipientul cu lichid și sticla de nivel montate la partea superioară și la partea inferioară a acesteia, astfel încît nivelul mediu al lichidului să fie situat în zona dintre cele două robinete.

Între sticla de nivel și cele două robinete, legătura se face prin două presgarnituri simple cu garnitură de cauciuc și piuliță olandeză.

Ambele robinete sînt prevăzute cu un dispozitiv de închidere sferic automat, care să oprească automat curgerea aburului sau gazului sub presiune, în momentul în care s-ar produce o avarie. În figura 91 este prezentat un indicator de nivel și robinetele de legătură ale acestuia, avînd organe de închidere automată cu bile. De obicei se execută din bronz.

c. După sistemul de montare

Clasificarea armăturilor după montare se face în:
- montaj cu flanșe;
- montaj cu mufe;
- montaj cu sudură.

d. După presiunea de regim

În funcție de presiunea la care urmează să lucreze și după temperatura de regim, s-au stabilit pentru conducte, fitinguri și armături șase regimuri de lucru pe baza cărora se clasifică acestea și în funcție de care se precizează presiunile nominale P_n:

- regimul I și II (120–300°C) – armături pentru presiuni nominale variind între 1 și 1 000 kgf/cm²;
- regimul III (400°C) – armături pentru presiuni nominale variind între 6 și 400 kgf/cm²;
- regimul IV (450°C) – armături pentru presiuni nominale variind între 16 și 400 kgf/cm²;
- regimurile V și VI (475 – 500°C) – armături pentru presiuni nominale variind între 25 și 400 kgf/cm².

K. MONTAREA CONDUCTELOR. SISTEME DE REZEMARE, SPRIJINIRE ȘI SUSȚINERE

După cum s-a arătat mai înainte, orice conductă tehnologică este alcătuită dintr-o serie de detalii (segmenți de țeavă, flanșe, garnituri, șuruburi) și piese fasonate, îmbinate între ele. Din detalii se execută subansambluri, iar din subansambluri, linii de conductă.

Dimensiunile și configurația subansamblurilor sînt determinate de posibilitățile de execuție și de montaj. Subansamblurile de conducte tehnologice sînt alcătuite din piese fasonate, compensatoare. etc.

Tendința de industrializare a lucrărilor de montaj, se manifestă în sectorul conductelor, prin realizarea prefabricatelor subansamblurilor de conducte în condiții de ateliere și montarea lor pe șantier, ca subansambluri de conducte.

În acest mod crește productivitatea muncii la executarea detaliilor constructive de 5 pînă la 10 ori și a subansamblurilor cu 35 pînă la 40%, se îmbunătățește calitatea lucrărilor de montaj și a celor de sudură, se micșorează consumul de materiale și se îmbunătățesc condițiile de lucru.

Pentru executarea și montarea conductelor tehnclogice, este necesară documentația tehnică, formată din proiectele de execuție și condițiile tehnice.

În cadrul lucrărilor pregătitoare în vederea montării conductei, sînt incluse: verificarea stării de execuție și montaj și cotele de legătură ale aparaturii la care se va racorda conducta, analizarea poziției clădirilor prin care va trece conducta, dotarea echipelor de lucru cu sculele și dispozitivele necesare executării lucrărilor, alimentarea punctelor principale de lucru cu energia necesară și asamblarea subansamblelor în ateliere speciale sau în puncte fixe de lucru.

Pentru montarea conductelor, este necesar să se execute un plan de organizare din care să facă parte planul general al suprafeței de montare care să cuprindă căile ferate și drumurile de acces, depozitele generale și intermediare de materiale, semifabricatele și elementele de conductă, punctele fixe de lucru, locul de amplasare a utilajelor staționare și mobile de montare, de asemenea să cuprindă graficele cu termen pentru executarea diferitelor faze și operații, lista elementelor ce trebuie montate, utilajele, dispozitivele și sculele necesare montării.

Urmează apoi transportul și manipularea elementelor conductei la locul de montare. Este necesar să se dea atenția cuvenită modului și condițiilor de depozitare în vederea conservării optime a elementelor de conductă.

Manipularea elementelor de conductă se face fie manual, fie cu macarale deplasabile montate pe tractoare, autocamioane etc. În cazul conductelor cu gabarite sau greutăți reduse, se utilizează *scripeți* și *palane* manuale care sînt mai simple și au siguranță în funcționare.

Operația premergătoare montării conductelor, închide legarea elementelor de conductă în vederea ridicării și transportării acestora. Legarea trebuie să fie sigură, să asigure așezarea elementelor în poziția dorită și să permită dezlegarea lor rapidă. În acest scop se folosesc lanțuri, cabluri, frînghii.

Montarea propriu-zisă include următoarele faze de lucru:

- trasarea axelor conductelor;
- montarea suporturilor și fixarea conductelor pe suporturi;
- asamblarea elementelor.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru realizarea unei montări corespunzătoare a liniilor de conducte, o importanţă deosebită o are trasarea axelor şi fixarea punctelor principale care determină poziţia conductei în spaţiu.

La trasarea axelor conductelor, se alege mai întîi axa principală şi apoi cea a ramificaţiilor ei. Acest lucru se realizează cu ajutorul unui fir de sîrmă de oţel cu diametrul de 0,2 pînă la 0,5 mm sau cu sfoară de mătase răsucită, întinsă între două puncte marginale fixe.

De la axa conductei principale se trasează axele liniilor secundare şi liniile de legătură ale utilajelor, maşinilor etc. şi apoi se plasează locul compensatoarelor, reazemelor libere, suporturilor de susţinere etc.

La trasarea axelor conductelor principale se va ţine seama ca :

— instalarea conductelor să fie realizată în locuri accesibile ;

— plasarea conductelor să se facă la distanţă între ele şi faţă de pereţii construcţiei ;

— poziţia lor să nu împiedice deservirea utilajelor ;

— dacă sînt izolate termic să fie ferite de pătrunderea apei;

— să nu fie montate deasupra motoarelor electrice sau în vecinătatea lor.

Majoritatea conductelor tehnologice se montează pe suporturi de susţinere. Suporturile după modul lor de fixare, se împart în două grupe : *reazeme* şi *puncte de sprijin suspendate.*

Reazemele libere susţin conducta fără să împiedice deplasarea ei, datorită deformaţiilor cauzate de variaţia temperaturii. Alegerea şi amplasarea justă a reazemelor libere, preîntîmpină tensiunile periculoase.

La reazeme suprafaţa de fixare este mai jos de axa conductei susţinute. Din această categorie cel mai răspîndit tip de reazeme este cel cu role pe construcţie de susţinere (fig. 92, *a*). Un alt sistem de reazem care se deosebeşte de primul, prin construcţia solidă a suportului de sprijin în formă de U, sudat

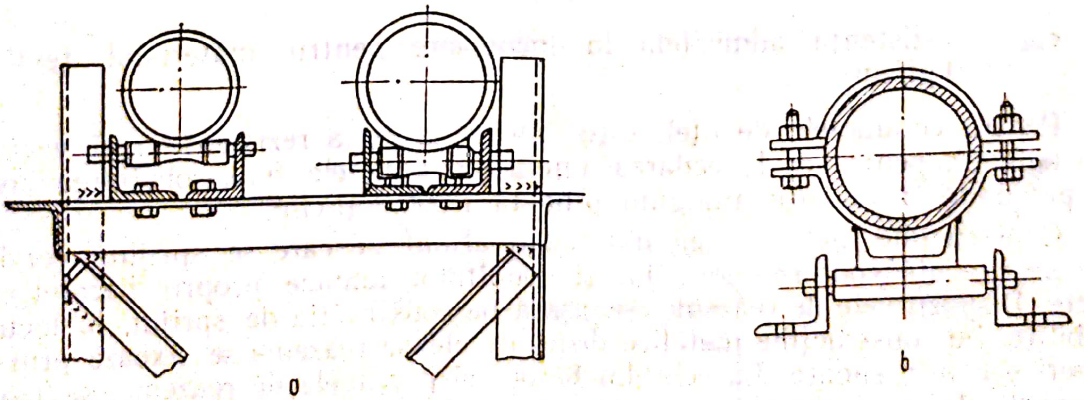


Fig. 92. Reazem cu role.

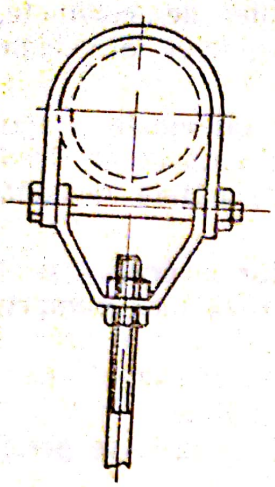


Fig. 93. Punct de sprijin suspendat.

la partea inferioară a brățării, este arătat în figura 92 b.

Punctele de sprijin suspendate sînt destinate montării aeriene a conductelor tehnologice (fig. 93). Datorită simplității pe care o prezintă față de reazeme, acestea trebuie să fie preferate acolo unde este posibil. Punctele de sprijin suspendate cu reazeme mobile asigură deplasarea longitudinală și transversală a conductei în măsura admisă de dispozitivele pentru compensare. Punctele de sprijin, suspendate sînt foarte variate și totodată foarte simple, fiind ușor de executat la locul de montaj sau în atelierul șantierului.

Determinarea distanței dintre reazemele de susținere a conductelor, este foarte importantă și se ține seama atît la alegerea traseului cît și la montarea suporturilor conductei.

Deschiderea între reazeme este dată de relația :

$$l = \sqrt{\frac{12 \cdot \sigma_{ai} \cdot W}{100 \cdot q}} \quad [\text{m}] \qquad (78)$$

unde :

l este lungimea deschiderii, în m ;

q — greutatea conductei, în kgf/m, în stare de funcționare, adăugînd greutatea fluidului și a izolației ;

W — modulul de rezistență al secțiunii transversale a țevii :

$$W = \frac{0{,}1\left(d_{ext}^4 - d_{int}^4\right)}{d_{ext}} \quad [\text{cm}^3]$$

σ_{ai} — rezistența admisibilă la încovoiere pentru materialul țevii în kgf/cm².

Pentru conductele de oțel, este indicat să se ia rezistențe mai mici de 250 kgf/cm², pentru că la cedarea unuia din punctele fixe, solicitarea crește de patru ori, rezistența ajungînd pînă la 1 000 kgf/cm².

Construcțiile metalice sau din beton armat pe care se sprijină conductele se execută conform normelor și condițiilor tehnice proprii fiecărei conducte. Dispozitivele de reazeme se așază pe construcția de sprijin, la locurile stabilite. Pe construcțiile metalice dispozitivele de reazeme se fixează prin șuruburi sau prin sudare. La cele din beton, dispozitivele de reazeme, se fixează în spărturile făcute în acest scop și care apoi sînt umplute cu beton.

Nu este indicată amplasarea reazemelor la locurile de îmbinare ale conductelor.

Scanned with OKEN Scanner

Montarea conductelor de diametre mici, de-a lungul pereţilor în poziţie orizontală, se execută în condiţii corespunzătoare, prin folosirea suporturilor de tip brăţară, fixate în pereţii construcţiei, conform figurii 94.

Particularităţile montării conductelor depind de locul amplasării lor, de parametrii de stare, de proprietăţile fluidului transportat, de natura materialelor de construcţie etc.

La conductele cu dilatări termice, piesele mobile se amplasează deplasate faţă de centrul sprijinului, în sens contrar alungirii conductei.

Conductele tehnologice din secţii, au foarte multe piese fasonate în componenţă şi se montează aparent, ieftinind astfel isntalaţia. În locurile de trecere a conductelor prin pereţi sau acoperiş, se fixează în zid manşoane, coaxiale, care permit dilatarea liberă a acestora. Tot în aceste locuri de trecere, acolo unde sînt variaţii termice, se recomandă instalarea reazemelor fixe.

Conductele între secţii au mai puţine piese fasonate şi amplasarea lor se face pe stîlpi, estacade, canale, şanţuri sau pot fi îngropate în pămînt. În cazul amplasării în canale, şanţuri, se folosesc grinzi sau console montate pe pereţii laterali pentru aşezarea conductelor.

Particularitatea îngropării conductelor în pămînt, constă în aceea că se ace protejarea acestora prin hidroizolaţii înainte de coborîrea lor în tranşee.

Săparea şanţurilor se face ţinînd seama de structura naturală a solului. Pămîntul se aşază pe o parte a şanţului la o distanţă de 0,5 m de la margine iar cealaltă parte rămîne liberă pentru lucrări pregătitoare de aşezare a conductei. Se verifică dimensiunile secţiunii tranşeei şi se aşază părţile de conductă pe marginile tranşeei pentru sudare. După aceea se face sudarea ţevilor cap la cap şi conducta se transportă la marginea şanţului unde se execută *hidroizolaţia* cu maşini speciale. Urmează coborîrea conductei în tranşee cu ajutorul macaralelor montate pe tractoare, a trepiedelor etc., avînd grijă să

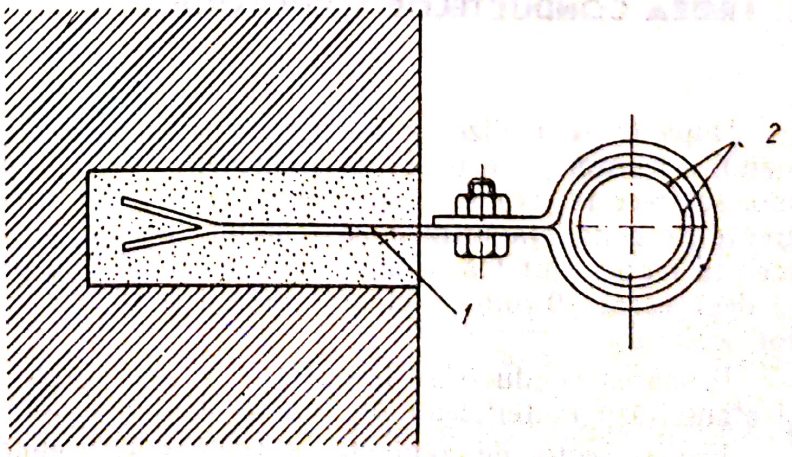


Fig. 94. Suport brăţară:
1 — tije cu brăţară;
2 — conductă.

nu se distrugă hidroizolația. Se verifică continuitatea așezării conductei pe fundul tranșeei, pentru evitarea apariției tensiunilor suplimentare și apoi se acoperă cu pămînt netasat (20 pînă la 25 cm) după ce în prealabil au fost efectuate probele necesare și recepția definitivă a conductei.

Conductele trebuie prevăzute cu dispozitive de aerisire și golire, pentru eliminarea aerului la punerea în funcțiune sau în caz de accidentare se face golirea completă a conductei.

Montarea compensatoarelor în formă de U se face în poziție orizontală. În cazuri excepționale se montează și vertical fiind prevăzute cu stuțuri de scurgere în punctele inferioare. Înainte de montarea compensatoarelor la conductă, ele se pretensionează la mărirea indicată în proiect cu ajutorul unor dispozitive cu șurub.

Desfacerea dispozitivului se face după montarea compensatorului și fixarea porțiunii de conductă în reazemele fixe.

Dacă sînt transportate fluide care condensează ușor vor fi prevăzute pe conductă, dispozitive automate de separare a lichidului.

Aparatura de măsură, control și automarizare este instalată de întreprinderi specializate conform indicațiilor date în proiect, prevăzute pentru fiecare aparat în parte. În cazul în care este montată o conductă din metale sau aliaje neferoase este indicat să se acorde atenție la manipularea elementelor, deoarece materialul este mai puțin rezistent. Elementele de conductă sînt protejate, introducînd între cablurile de ancorare și acestea, pene de lemn, distanța dintre suporturi se alege mai mică, armăturile sînt fixate independent, îmbinările cu flanșe sînt prevăzute cu manșoane de siguranță, înclinarea pentru montarea conductelor este de 1 : 100 (adică mai mare decît la conductele din oțel).

L. PROBA CONDUCTELOR TEHNOLOGICE

După ce se realizează asamblarea conductei, se verifică rectilinitatea în planul orizontal și vertical; de asemenea se verifică panta indicată în proiect, apoi se trece la fixarea conductei pe suport. Se urmărește ca axa porțiunilor drepte de conductă între două reazeme fixe, să fie rectilinie. Abaterile de la această regulă sînt foarte mici (de exemplu 5 mm pentru 10 m lungime, fără să depășească 10 mm în planul vertical și 50 mm în planul orizontal pentru tot sectorul).

Probarea conductelor tehnologice se face în scopul verificării rezistenței și etanșeității materialelor de bază și a îmbinărilor.

Fiecare sector de conductă, se echipează cu aparate de măsură și control ca: termometre, manometre, supape de siguranță etc.

Scanned with OKEN Scanner

Înaintea probelor, se face curăţirea interioară a conductelor prin spălare cu apa sau prin insuflare cu aer comprimat (în cazul conductelor de gaze cu diametrul mai mare de 150 mm). În timpul spălării sau insuflării toate armăturile sînt deschise complet. După spălare urmează *proba* conductelor, care se face înaintea izolării termice şi anticorosive, însă nu înainte de fixarea lor pe suporturi. Dacă proba se face după izolarea termică şi anticorosivă, locurile îmbinărilor de montaj, se lasă descoperite. De cele mai multe ori, conductele care transportă lichide, se probează cu apă ca şi cele care transportă gaze şi au diametrul sub 150 mm şi cu aer cele care transportă gaze şi au diametrul peste 150 mm.

Presiunea de probă este stabilită în proiect şi în majoritarea cazurilor se ia 1,25 P_{nom}. Conductele se ţin 5 minute la această presiune, după care se scade presiunea pînă la valoarea presiunii nominale, apoi se ciocănesc uşor îmbinările sudate, la o distanţă de 15 pînă la 20 mm de cusătură, cu un ciocan cu suprafaţa de lovire sferică, în timp ce se controlează îmbinările.

Se consideră că rezultatele sînt pozitive dacă presiunea nu scade şi nu sînt pierderi de apă pe la îmbinări. Se evacuează apoi apa, lăsînd deschise armăturile de aerisire pentru a nu se forma vacuum, care poate deforma conductele. Urmele de apă din conducte sînt insuflate cu aer, în care timp armăturile sînt toate deschise.

Proba pneumatică se face timp de 30 de minute, dar controlul etanşeităţii se realizează după 24 ore de supunere a conductei sub presiune nominală, după care se determină presiunea gazului. Pentru a determina presiunea şi temperatura gazelor în conducte, se face media aritmetică a tuturor citirilor la manometrele şi termometrele montate pe acestea.

Se consideră satisfăcătoare, rezultatele încercărilor pneumatice la etanşeitate la care pierderile sînt de 0,1% pe oră la conductele care transportă gaze nocive şi 0,2 pînă la 0,5% pe oră pentru restul conductelor.

După efectuarea probei hidraulice de rezistenţă şi a celei pneumatice pentru verificarea etanşeităţii se face recepţia propriu-zisă a conductei.

M. EXPLOATAREA, ÎNTREŢINEREA, REVIZIA ŞI REPARAREA CONDUCTELOR

În *exploatarea* conductelor este nevoie de control şi supraveghere din punct de vedere al felului cum decurge pomparea.

În primul rînd se cercetează manometrul care trebuie să indice o presiune constantă, presiune normală de pompare pentru debitul respectiv, pentru distanţa şi diametrul conductei respective.

Ridicarea presiunii normale indicată la manometru indică astuparea (obturarea) conductei fie din cauza diferitelor depuneri, fie datorită înghe-

țării. Este necesar să se urmărească și temperatura fluidelor, pentru a se preîntîmpina unele accidente care ar putea surveni din pricina congelării lor.

Scăderea bruscă a presiunii la manometru, indică o spargere a conductei. Acest lucru se determină și prin controlul volumetric al produselor transportate.

Este important să se cunoască natura fluidelor care sînt vehiculate prin conducte, pentru că în funcție de viscozitatea lor este necesar să se ia măsuri suplimentare pentru evitarea incidentelor nedorite. Astfel țițeiurile parafinoase, sînt încălzite înainte de pompare și în anumite cazuri și pe parcurs, deoarece este necesar ca temperatura lor să fie deasupra temperaturii de congelare. În cazul transportului aburului, pentru a fi evitată aglomerarea apei condensate, se montează oale de condensat, în locurile joase de pe traseul conductei.

Conductele de gaze de înaltă presiune cer o supraveghere și un control special. În cazul în care gazele sînt transportate prin comprimare de la o stație de compresoare, este necesar să se urmărească cu multă atenție manometrul cu cadran sau înregistrator, precum și debitmetrul cu orificiu (variațiile înregistrate se datoresc unei obturări sau spargeri a conductei). Dacă conductele de gaze au diametrul mare și prezintă pericolul deteriorării sau corodării la îmbinări este necesară o supraveghere mai atentă și un control periodic sever.

Prevenirea parafinării conductelor și curățirea conductelor de țiței se realizează cu ajutorul curățitorului de parafină denumit și godevil, care se introduce în conductă pe la un capăt și circulă prin aceasta fiind antrenat de țițeiul care se pompează pînă la celălalt capăt al conductei.

O problemă deosebit de importantă care trebuie să stea în atenția personalului de exploatare a conductelor, este aceea a înghețării produselor care sînt transportate (apă, gaze etc.) în timpul iernii și deci a măsurilor ce se impun a fi luate pentru remedierea acestui neajuns.

Întreținerea în bună stare a conductelor, prezintă o importanță deosebită din punct de vedere economic, precum și din punct de vedere al tehnicii securității muncii. Prin întreținere se înțeleg toate măsurile tehnico-organizatorice luate în scopul funcționării în condiții normale a conductelor după cum urmează :

– descoperirea locului unde s-a petrecut avaria și remedierea ei prin *reparații curente ;*

– controlul stării tehnice a conductelor în urma căruia se planifică reparațiile capitale.

În acest scop, se supraveghează traseul conductelor, se montează țevi verticale din distanță în distanță pînă în vecinătatea conductelor pentru păstrarea unei comunități între conductă și exterior (cînd fluidul este gazos), se fac încercări de presiune care se repetă la diferite intervale de timp și prin care sînt detectate avariile conductei etc.

Lucrările de întreținere și mici reparații ale conductelor cuprind în special întreținerea lor curentă pe cînd avariile sînt remediate prin *reparații accidentale*, uzurile mari ale conductei fiind îndepărtate prin *reparații capitale.*

Reparațiile accidentale sînt necesare în cazul ruperii sudurilor transversale sau longitudinale și în cazul ciupiturilor sau crăpăturilor (transversale sau longitudinale).

Cum s-a observat o astfel de avarie, se oprește pomparea, se sapă la locul spărturii și în funcție de mărimea avariei, se prind pe conductă șarniere cu garnituri de etanșare sau se taie porțiunea deteriorată înlocuindu-se printr-un cupon prins cu flanșe, ori prin sudare cap la cap, apoi se reface izolația.

În cazul în care capetele conductei rupte s-au îndepărtat unul de altul la o distanță de cel mult 30 cm, se poate folosi un manșon scurt, cu diametrul interior puțin mai mare decît diametrul exterior al conductei.

Conductele din policlorură de vinil se repară prin tăierea porțiunii defecte și înlocuirea ei cu alta bună, îmbinarea făcîndu-se prin lipire cu un racord olandez și al unei mufe din policlorură de vinil. Dacă reparația trebuie terminată urgent, țeava nouă va fi sudată cu cea veche printr-o îmbinare în V, după ce în prealabil s-a introdus o muflă pe unul din capetele conductei, care se trage mai apoi peste sudură.

Branșamentele noi se leagă la conducte în două moduri :

— sudarea branșamentului prevăzut cu robinet ;

— racordarea cu ajutorul șarnierei.

Planificarea recondiționării (reparației capitale) a conductelor se bazează pe unele *date statistice asupra coroziunii conductelor* din care rezultă locurile cele mai expuse unde se petrec cele mai multe avarii, pe *rezistența electrică a terenurilor*, pe *informații despre ruperile îmbinărilor cap la cap*, pe *examinarea conductei după dezvelirea ei la intervale anumite* etc.

Reparațiile capitale sînt planificate pe mai mulți ani, în cazul în care conducta nu este protejată catodic, iar la cele protejate catodic planificarea înlocuirii izolației se face pe baza creșterii consumului de curent pentru protecție.

N. NORME TEHNICE DE PROTECȚIA MUNCII

La așezarea conductelor, la asamblarea elementelor lor precum și la repararea acestora, este necesar să se țină seamă de normele de protecția muncii.

În secțiile cu atmosferă explozivă se pune accent pe etanșeitatea conductelor, pentru evitarea accidentelor. De asemenea conductele sînt legate la pămînt în scopul scurgerii electricității statice evitîndu-se astfel producerea de scîntei. Legarea la pămînt pentru diferitele elemente de conductă, se face cu ajutorul unor scoabe de cupru sau oțel. Conductele apropiate pot fi legate la pămînt cu un conductor comun.

Amplasarea conductelor se face ținînd seama de indicațiile normelor de protecția muncii, în ce privește distanța față de clădirile cu pericol de explozie sau incendiu, precum și de normele privind condițiile de înălțime de amplasare. Conductele care transportă fluide toxice sau explozive trebuie să fie prevăzute cu ștuțuri pentru suflarea lor cu gaze inerte, atunci cînd este nevoie.

Cuplarea conductelor de aerisire de la diferite aparate sau conducte la o rețea comună nu este admisă, deoarece amestecarea diferitelor produse poate da naștere la compuși toxici sau explozivi.

După fiecare operație efectuată privind montarea, întreținerea și repararea conductelor este necesară probarea etanșeității acestora. În acest scop conductele sînt supuse la presiunea p care este în funcție de presiunea maximă de regim a conductei. În timpul probei, cînd conducta se află sub presiune, nici un lucrător nu are voie să staționeze în dreptul dopurilor sau blindelor montate pe conductă sau să traverseze conducta. Personalul de deservire a parcului de conducte trebuie să fie bine instruit asupra manipulării și supravegherii lucrului așa încît posibilitatea accidentelor să fie exclusă.

Repararea conductelor cere precauții speciale, deoarece pericolul de accidentare este mare. De aceea oricît de mică ar fi avaria este necesar, mai ales la presiune mare, să se blindeze conducta. Această blindare se face prin robinetele instalate pe conductă, prin dopuri de humă sau prin camere de cauciuc.

La coborîrea în șanțuri sau în cămine pentru verificări sau reparații, dacă mediul este gazat, echipa de intervenții trebuie prevăzută cu măști speciale de protecție și centuri de salvare cu frînghie. Conductele de gaze sau produse inflamabile, vor fi mai întîi bine suflate sau spălate cu apă și apoi se vor efectua reparațiile respective.

În timpul lucrărilor de izolare a conductelor, muncitorii care lucrează cu bitum topit trebuie să aibă echipament de protecție.

La montarea și la repararea conductelor din policlorură de vinil este necesar să se ia măsuri speciale de protecția muncii, ținînd seama de toxicitatea și de inflamabilitatea materialelor cu care se lucrează.

În caz de accidentare, acordarea primului ajutor, la timp, poate ușura tratamentul ulterior și poate salva viața accidentatului. De aceea este important ca ajutorul să fie acordat imediat după producerea accidentului, de către tovarășii de muncă instruiți pentru a nu agrava situația accidentatului; se va folosi trusa specială de prim ajutor de la locul de muncă care va trebui dotată cu cele necesare primului ajutor.

Scanned with OKEN Scanner

Întrebări recapitulative

1. După ce criterii se clasifică conductele ?
2. Care sînt elementele din care se compun conductele ?
3. Ce deosebire există între țevi și tuburi ?
4. Care sînt elementele necesare dimensionării tubulaturii ?
5. Cîte tipuri de îmbinări de conducte cunoașteți și în funcție de ce se aleg ?
6. Ce avantaje prezintă îmbinările prin flanșe ?
7. Ce sînt garniturile și ce rol au în executarea etanșărilor ?
8. De ce se ține seama în cazul îmbinărilor prin flanșe ?
9. Care sînt metodele și dispozitivele de îndoire a țevilor ?
10. Care sînt tipurile și cum funcționează compensatoarele de dilatare ?
11. Din ce materiale se execută fitingurile ?
12. Ce tipuri de fitinguri se cunosc ?
13. Ce este o armătură și la ce servește ?
14. Cum se clasifică armăturile ?
15. Ce tipuri de armături sînt cunoscute ?
16. Care sînt armăturile acționate automat ?
17. La ce servesc armăturile de siguranță ?
18. La ce servesc armăturile de reținere ?
19. La ce servesc armăturile de avarie și blocare ?
20. Din ce materiale se fabrică armăturile ?
21. La ce servesc fitingurile ? Exemple.
22. Cum sînt executate fitingurile de mare presiune pentru industria petrolieră și din ce material ?
23. Cum se clasifică flanșele după modul de etanșare ?

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul IV PRINCIPALELE ELEMENTE ALE APARATURII. CONSTRUCȚIE ȘI CALCUL.

Recipientele indiferent de funcția tehnologică, de dimensiunile de gabarit și forma constructivă pe care o au într-o instalație, se compun dintr-o serie de elemente comune și anume :

- mantale cilindrice ;
- funduri și capace ;
- racorduri ;
- guri de vizitare ;
- ferestre de observație ;
- reazeme și suporturi pentru aparatură ;
- supape de siguranță.

Metoda de calcul pentru fiecare din aceste elemente este aceeași, indiferent de destinația utilajului și variază numai funcție de condițiile de regim, respectiv dacă recipientul este supus la : presiune hidrostatică, presiune interioară, presiune exterioară.

A. MANTALE CILINDRICE

1. Descriere și executare

Elementul principal de rezistență al aparatului care îi asigură forma geometrică de bază este mantaua. Ea are rolul de a separa interiorul aparatului de mediul înconjurător.

Mantaua cilindrică a recipientelor din laminate feroase se asamblează din virole. Prin *virole* se înțeleg elemente cilindrice sudate pe generatoare, a căror lungime corespunde lățimii tablei utilizate.

După efectuarea unor operații de îndreptare și curățire a tablelor, acestea se trasează la dimensiunile virolei desfășurate.

Debitarea se face oxiacetilenic în cazul tablelor din oțel-carbon. Oțelul inoxidabil, înalt aliat, nu poate fi debitat cu agregatul oxiacetilenic de construcție normală, din cauza formării unor oxizi de crom, greu fuzibili, care

împiedică procesul de tăiere. În acest caz se utilizează tăierea cu jet de plasmă sau cu agregate oxiacetilenice speciale lucrînd cu fondant.

Teșirea muchiilor se face oxiacetilenic sau prin așchiere, pe raboteze. Tablele din oțel înalt pot fi teșite numai prin așchiere.

Forma de pregătire a muchiilor se stabilește după criteriul cantității minime de material de adaos. Cu cît acest adaos este mai mic, cu atît tensiunile remanente și deformațiile datorită sudării sînt mai mici. Cusăturile trebuie să se resudeze la rădăcina după o prealabilă crăițare, pentru a se evita concentrări de eforturi unitare, înlăturarea unor neregularități ale suprafeței în care să staționeze lichid favorizîndu-se astfel coroziunea.

Cînd se poate suda numai din exterior, cusătura de sudură longitudinală se face pe o garnitură de cupru, care se îndepărtează după sudare sau pentru cusături circulare pe un inel de oțel, aplicat fără joc de interior, care nu se mai îndepărtează.

Pentru ca să se realizeze o crăițuire în condiții mai ușoare se recomandă ca prima cusătură de sudură să se facă la interior, iar resudarea la rădăcină să se facă la exteriorul mantalei.

Curbarea (virolarea) se efectuează pe valțuri, la rece, cînd se asigură condiția :

$$R_m \geqslant 20\ s \tag{74}$$

unde :

R_m este raza medie a virolei cilindrice ;
s — grosimea tablei.

Dacă

$$R_m < 20\ s \tag{75}$$

ecruisarea metalului și creșterea grăuntelui acestuia din cauza deformației plastice la rece, sînt excesive. În astfel de cazuri curbarea trebuie executată la cald la temperatura de forjare. În mod normal curbarea se execută în direcția fibrei de laminare.

Urmează sudarea pe generatoare, controlul interfazic și asamblarea virolelor prin cordoane de sudură inelare.

Corpul cilindric se asamblează din virole, astfel încît între cordoanele longitudinale a două virole alăturate, să existe un decalaj de cel puțin 200 mm, măsurat pe circumferință. Se evită astfel cordoane în cruce, cu îngrămădire de material de adaos, eforturi unitare remanente însemnate și accentuarea deformațiilor.

În general cordoanele de sudură, longitudinale și inelare, nu trebuie slăbite prin găuri sau orificii.

Executarea *mantalelor cilindrice din laminate neferoase* este analoagă executării mantalelor din laminate de oțel prezentînd următoarele particularități :

— debitarea tablelor nu se poate face oxiacetilenic ;

Scanned with OKEN Scanner

– sudarea, utilizată ca mijloc de îmbinare, necesită tehnologii corespunzătoare. Corpul se sudează bine oxiacetilenic. Se utilizează cu rezultate bune sudarea cu arc sub gaz protector, cu electrozi din acelaşi metal, însă de puritate înaltă.

În ultima perioadă de timp se utilizează pe scară din ce în ce mai mare *recipientele din mase plastice*, respectiv policlorură de vinil dură, care se curbează, se ambutisează după încălzire. Îmbinările nedemontabile se sudează cu aer încălzit la aproximativ 200°C, vergelele de adaos fiind din acelaşi material.

Recipientele executate din răşini sintetice armate cu fibre din sticlă, numite şi *recipiente din sticloplaste*, prezintă avantajul unei greutăţi reduse a utilajului, putînd prelua şi presiuni interioare.

2. Calculul de rezistenţă la presiune interioară

Calculul de rezistenţă la presiune interioară a mantalelor cilindrice cu pereţi subţiri, este asemănător calculului de dimensionare a ţevilor cu pereţi subţiri prezentat în capitolul III.

3. Calculul de rezistenţă la presiune exterioară

Recipientele şi aparatele pot fi supuse atît acţiunii presiunii interioare cît şi presiunii exterioare.

Astfel, aparatele cu manta de încălzire sau răcire (fig. 95) au mantaua interioară supusă la presiune exterioară. De asemenea, cînd interiorul aparatului este vid mantaua este supusă tot presiunii exterioare.

În aceste cazuri în mantaua cilindrică iau naştere eforturi de compresiune.

Învelişurile cu pereţi subţiri sub acţiunea presiunii exterioare îşi pierd forma iniţială şi se turtesc cînd nu sînt suficient de scurte, la tensiuni de compresiune cu mult mai mici decît tensiunile limită.

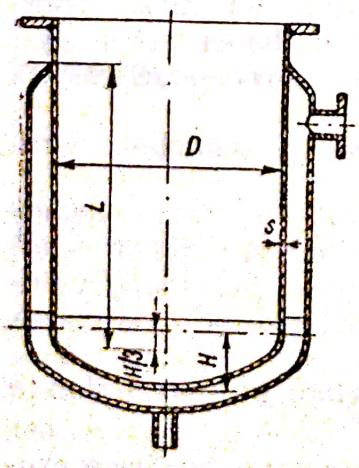


Fig. 95. Vas cu manta de încălzire-răcire.

Sub acţiunea unei presiuni numită *presiune critică*, secţiunea transversală a virolei cilindrice iniţiale, începe să se deformeze căpătînd o formă ondulată, iar numărul de ondulaţii poate fi egal cu două, trei, patru sau orice valoare (fig. 96).

Pierderea formei iniţiale sub acţiunea presiunii exterioare, cînd aceasta depăşeşte valoarea critică, nu este neapărat rezultatul abaterii învelişului de la forma cilindrică perfectă. Turtirea recipientului are loc chiar la o formă cilindrică perfectă a lui. Abaterea de la această formă micşorează numai valoarea presiunii critice, ceea ce se întîmplă în realitate.

Scanned with OKEN Scanner

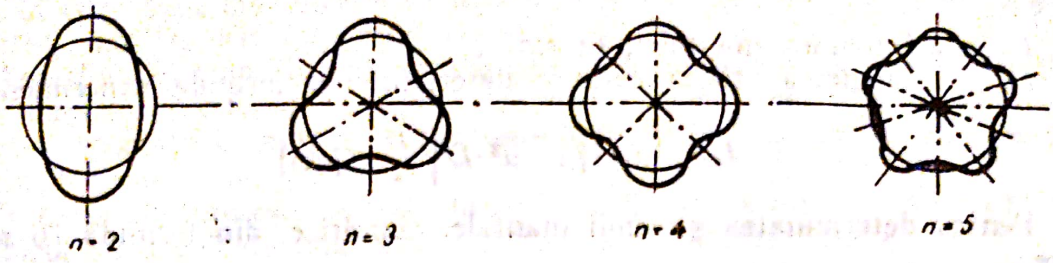


Fig. 96. Deformarea învelişurilor în secţiune transversală sub acţiunea presiunii exterioare.

Aparatele supuse la presiune exterioare se verifică nu numai din punct de vedere al rezistenţei ci şi la stabilitate.

Mantalele cilindrice după felul cum îşi pierd stabilitatea se pot clasifica în :

— *mantale lungi*, la care sub acţiunea presiunii exterioare apar numai două ondulaţii, adică pur şi simplu se turtesc ;

— *mantale scurte*, la care sub acţiunea presiunii exterioare apar mai multe ondulaţii (3 pînă la circa 24) ;

— *mantale foarte scurte*, care nu îşi pierd stabilitatea şi rezistă pînă cînd materialul se distruge.

a. Calculul mantalelor cilindrice lungi supuse la presiune exterioară

Se stabileşte presiunea critică, adică acea presiune la care o manta cilindrică se turteşte.

Această presiune critică se calculează cu formula :

$$p_{cr} = \frac{2 \cdot E}{1 - \mu^2} \left(\frac{s}{D} \right)^3 \quad [\text{kgf/cm}^2] \qquad (76)$$

unde :

E este modulul de elasticitate longitudinal, în kgf/cm² ;
D — diametrul mediu, în cm ;
l — lungimea, în cm ;
s — grosimea de calcul a peretelui, în cm ;
μ — coeficientul lui Poisson.

Această relaţie se poate utiliza cînd :

$$l \geqslant l_{cr} \quad [\text{cm}] \qquad (77)$$

unde :

l este lungimea mantalei, în cm ;

l_{cr} – lungimea critică care se determină cu formula experimentală :

$$l_{cr}=1{,}642\sqrt{1-\mu^2}\cdot D\sqrt{\frac{D}{s}} \quad [\text{cm}] \tag{78}$$

Pentru determinatea grosimii mantalei cilindrice, din formula 76 se deduce :

$$s=D\sqrt[3]{\frac{1-\mu^2}{2E}p_{cr}} \quad [\text{cm}] \tag{79}$$

În cazul oțelului și metalelor neferoase coeficientul lui Poisson μ are valoarea 0,3 și atunci :

$$s=D\sqrt[3]{\frac{p_{cr}}{2{,}2E}} \quad [\text{cm}] \tag{80}$$

În practică nu se admite funcționarea la presiuni egale sau apropiate de presiunea critică, atît datorită abaterii de la forma circulară a mantalelor, cît și variației presiunii de lucru, funcție de regimul de funcționare.

Aceste cauze impun ca presiunea de lucru p să fie de m ori mai mică decît presiunea critică, adică :

$$p=\frac{p_{cr}}{m}$$

m se numește coeficient de siguranță la stabilitate.

Formula practică de dimensionare va fi :

$$s=D\sqrt[3]{\frac{p_{cr}\cdot m}{2{,}2E}}+c \quad [\text{cm}] \tag{81}$$

În cazul formulei 81, pentru recipiente verticale se adoptă $m=4$, iar pentru recipiente orizontale $m=5$.

Relațiile 76 și 81 se pot utiliza numai în următoarele condiții :

– Efortul unitar de compresiune în virola cilindrică să nu depășească limita de curgere :

$$\sigma_{cr}<\sigma_c \quad [\text{kgf/cm}^2] \tag{82}$$

unde :

σ_{cr} este efortul unitar calculat pentru presiunea critică :

$$\sigma_{cr}=\frac{p_{cr}\cdot D}{2\cdot s} \quad [\text{kgf/cm}^2] \tag{83}$$

– Abaterile de la circularitate ale secțiunii cilindrului să nu depășească 0,5%, adică :

$$\frac{D_{max}-D_{min}}{D_n}\cdot 100\leqslant 0{,}5 \tag{84}$$

unde D_{max} şi D_{min} sînt diametrul maxim, respectiv minim, măsurate la piesa executată, iar D_n este diametrul nominal.

Apariţia deformaţiilor plastice locale face ca pierderea stabilităţii (turtirea) mantalei să aibă loc la presiuni simţitor mai mici, de unde şi importanţa execuţiei geometrice corecte, a secţiunii cilindrice a corpurilor supuse presiunii exterioare.

În cazul cînd nu este satisfăcută condiţia 82, adică atunci cînd σ_{cr} rezultă din calcul cu o valoare mai mare decît σ_c, se utilizează formula:

$$p_{cr}=2\,\frac{s}{D}\cdot\frac{\sigma_c}{1+\frac{\sigma_c}{E}\left(\frac{D}{s}\right)^2} \quad [\text{kgf/cm}^2] \qquad (85)$$

Formula 85, se aplică şi cînd ovalitatea secţiunii calculată cu formula 84, depăşeşte 0,5%.

b. Calculul mantalelor cilindrice scurte supuse la presiune exterioară

Acest calcul se complică mult datorită faptului că se resimte influenţa încastrării marginilor şi presiunea critică devine funcţie nu numai de raportul $\frac{s}{D}$ ci şi de raportul $\frac{L}{D}$.

S-a constatat că la virola scurtă se pot forma nu două ci mai multe ondulaţii şi că unui număr diferit de ondulaţii îi corespund presiuni critice diferite.

Presiunea critică în asemenea caz se calculează cu formula:

$$p_{cr}=\frac{E\,\frac{s}{R}}{(n^2-1)\left[1+\left(\frac{n\cdot l}{\pi R}\right)^2\right]^2}+\frac{E\left(\frac{s}{R}\right)^3}{12(1-\mu^2)}\left[n^2-1+\frac{2n^2-1-\mu}{\left(\frac{n\cdot l}{\pi R}\right)^2-1}\right] \quad [\text{kgf/cm}^2] \qquad (86)$$

În care:

n este numărul de ondulaţii formate în virolă;
R – raza mantalei, în cm;
l – lungimea mantalei cilindrice, în cm;
E – modulul de elasticitate al materialului;
μ – coeficientul lui Poisson.

Grosimea s care se introduce în formula (86) se calculează în prealabil cu relaţia:

$$s=1{,}06\left(\frac{m\cdot p\cdot l\cdot R^{3/2}}{E}\right)^{2/5}=1{,}06R^{0{,}6}\left(\frac{m\cdot p\cdot l}{E}\right)^{0{,}4} \quad [\text{cm}] \qquad (87)$$

Scanned with OKEN Scanner

Coeficientul de siguranță la stabilitate m utilizat în formula (87) are următoarele valori :

$m=6$ pînă la 7 pentru aparate verticale și

$m=6,5$ pînă la 7,5 pentru aparate orizontale.

Calculul cu formula (86) se face introducîndu-se în formulă prin încercări diverse valori pentru numărul de ondulații n și valoarea minimă obținută pentru p_{cr} este valoarea căutată.

Dacă se determină n^* cu formula aproximativă :

$$n^*=2,74\sqrt[4]{\left(\frac{R}{l}\right)^2\cdot\left(\frac{R}{s}\right)} \qquad (88)$$

calculul se simplifică.

Se va calcula p_{cr} cu formula (86) numai pentru $n=n^*$, $n=n^*-1$ și $n=n^*+1$, pentru a verifica dacă într-adevăr s-a obținut valoarea minimă a lui p_{cr}.

Formula (86) se poate aplica numai pentru verificări și cînd sînt satisfăcute condițiile (82) și (84). În cazul în care condițiile (82) și (84) nu sînt satisfăcute, presiunea critică se calculează cu formula (85).

După ce s-a determinat valoarea minimă a presiunii critice se va căuta solicitarea critică σ_{cr} pe baza formulei (83), care va fi egală sau mai mică decît limita de fluaj la temperatura de lucru.

Dacă solicitarea critică va depăși limita de fluaj se va lua una din măsurile următoare :

— se va mări grosimea aparatului admițînd că solicitările critice sînt egale cu limitele de fluaj și în acest caz grosimea de calcul a pereților va fi :

$$s=\frac{p_{cr}\cdot D}{2\tau_t};\quad [\text{cm}] \qquad (89)$$

— se vor introduce inele de rigidizare (sau se va micșora distanța între ele).

c. Calculul inelelor de rigidizare

În cazul aparatelor supuse la presiune exterioară lungimea de calcul a mantalelor se consideră egală cu distanța dintre două încastrări ; flanșe, plăci tubulare sau inele de rigidizare.

Fundurile elipsoidale și bombate sînt considerate tot încastrări dar datorită elasticității marginii, ca secțiune rigidă se consideră convențional secțiunea aflată la distanța de 1/3 din înălțime. În figura 95 lungimea de calcul este L.

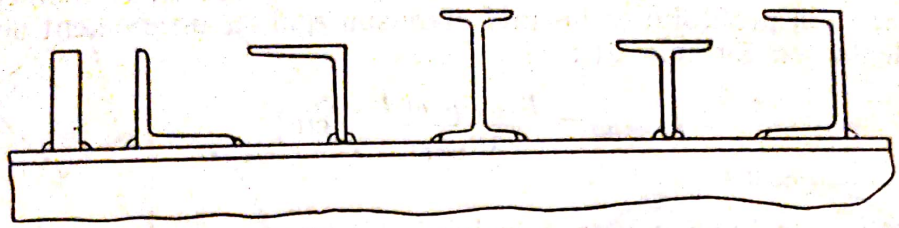


Fig. 97. Forme constructive de inele de rigidizare.

Dacă diferitele elemente de rigidizare împart virola pe lungime în mai multe părți inegale, atunci ca dimensiune de calcul a virolei se consideră distanța cea mai mare dintre elementele de rigidizare și începutul racordării fundului plus H/3.

Inelele de sprijin pentru talerele coloanelor sau pentru grătarele cu bare, pot servi ca elemente de rigidizare, dacă construcția și secțiunea lor sînt suficiente pentru aceasta.

Analizîndu-se formulele de calcul pentru mantalele cilindrice supuse la presiune exterioară, rezultă că prin micșorarea lungimii, rigidizarea recipientelor crește. Este mai rațional în multe cazuri ca pentru mărirea rigidității să nu se mărească grosimea pereților, ci să se prevadă inele speciale de rigidizare. Acestea se execută din benzi de oțel sau din profile de oțel cornier și în formă de T, U sau I. În figura 97, sînt reprezentate cîteva forme constructive de inele de rigidizare.

Inelele de rigidizare se asamblează rigid cu virola prin sudură. Lungimea totală a cusăturii trebuie să fie egală cu cel puțin jumătate din perimetrul aparatului.

Inelele de rigidizare montate la exterior se sudează cu cusătură continuă pentru a preîntîmpina apariția solicitărilor locale de încovoiere. Inelele aflate la interiorul recipientului trebuie prevăzute uneori cu găuri, de exemplu pentru scurgerea lichidului la recipiente orizontale (fig. 98).

Toate aceste slăbiri trebuie să fie astfel compensate, încît momentul de inerție să fie același în orice secțiune a inelului.

Calculul inelelor de rigidizare decurge astfel :

– se împarte aparatul de lungime în cîteva virole scurte ;

– se verifică ca lungimea l aleasă să satisfacă relația 90. În acest caz materialul este solicitat numai la încovoiere :

$$l \leqslant \frac{2{,}59\ E_{inel} \cdot D}{p \cdot m \cdot \left(\frac{D}{s}\right)^{2{,}5}} \quad [\text{cm}] \qquad (90)$$

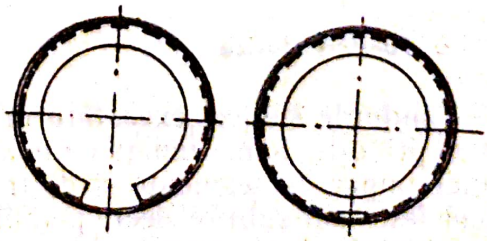


Fig. 98. Inele de rigidizare cu găuri.

Mărimea inelului de rigidizare trebuie astfel aleasă încît momentul de inerție I efectiv al profilului să fie mai mare sau egal cu un moment de inerție necesar calculat cu formula 91 :

$$I_{necesar} = \frac{R_{inel} \cdot p \cdot m \cdot l}{3E_{inel}} \quad [cm] \qquad (91)$$

unde :

R_{inel} este raza liniei neutre a inelului, în cm ;
E_{inel} – modulul de elasticitate al materialului din care este executat inelul, în kgf/cm².

d. Calculul mantalelor cilindrice foarte scurte

În cazul cînd pereții virolei sînt suficienți de groși, iar virola însăși suficient de scurtă, încît pereții ei nu pot fi presați spre interior, grosimea optimă a peretelui se determină din condiția de rezistență la compresiune cu relația :

$$s = \frac{p \cdot D}{2 \cdot \sigma'_a \cdot \varphi} + c \quad [cm] \qquad (92)$$

Această relație este asemănătoare relației 31, pentru presiuni interioare, cu deosebirea că :

σ'_a este tensiunea admisibilă la compresiune la temperatura respectivă și este egală cu :

$$\sigma'_a = \frac{\sigma_{ct}}{4} \quad [kgf/cm^2] \qquad (93)$$

B. FUNDURI ȘI CAPACE. CONSTRUCȚIE ȘI CALCUL

Fundurile și capacele recipientelor au forme diferite în funcție de destinația lor, de sarcina și de procedeul de executare. Se utilizează funduri și capace de formă sferică, conică, în formă de elipsă, plane.

1. Funduri și capace pentru aparate supuse la presiune interioară

a. Funduri sferice

Fundurile sferice, executate în formă de emisferă, sînt cele mai raționale în ce privește buna funcționare a materialului. Ele se fac sudate dintr-un număr impar de segmente și dintr-o calotă sferică (fig. 99). Cu toate că din calcul iese mai subțire decît pereții părții cilindrice a mantalei, grosimea fundurilor sferice se adoptă egale cu grosimea mantalei cilindrice. Fundurile sfe-

Scanned with OKEN Scanner

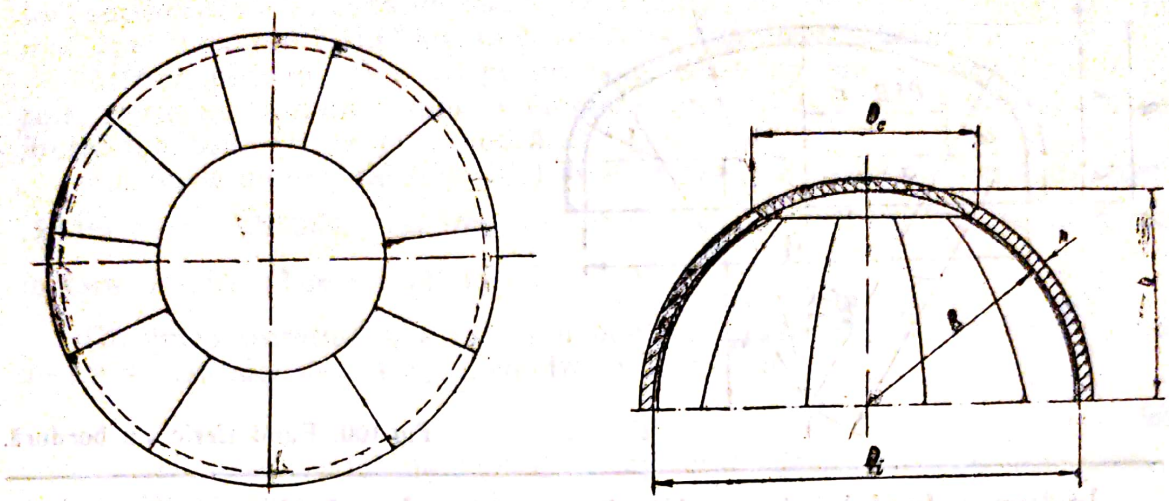


Fig. 99. Fund semisferic.

rice sînt mai greu de realizat, mai scumpe decît fundurile matrițate și măresc lungimea aparatului.

Grosimea peretelui la fundul sferic se ia :

$$s_f = \frac{p \cdot D_i}{4 \cdot \sigma_a \varphi - p} + c \quad [\text{cm}] \qquad (94)$$

unde :

s_f este grosimea calculată a fundului, în cm ;
p — presiunea de regim a recipientului, în kgf/cm² ;
D_i — diametrul interior al sferei, în cm ;
σ_a — tensiunea admisibilă, a materialului la tracțiune, kgf/cm² ;
φ — coeficientul de calitate a sudurii ;
c — adaosul de coroziune și tehnologic, în cm ;
h — înălțimea fundului la interior fără porțiunea cilindrică, în cm.

Utilizarea fundurilor sferice este rațională numai la aparate de diametru mare (peste 2,5 m), care funcționează sub presiune medie.

b. Funduri sferice cu bordură

Fundul sferic cu bordură secționat cu un plan ce conține unul din diametre, are forma unui mîner de coș. Un asemenea fund este reprezentat, secționat în figura 100.

Fundul se compune dintr-o parte centrală în formă de arc de cerc, de rază R, două părți de racordare simetrice de rază r și o porțiune cilindrică de înălțime h :

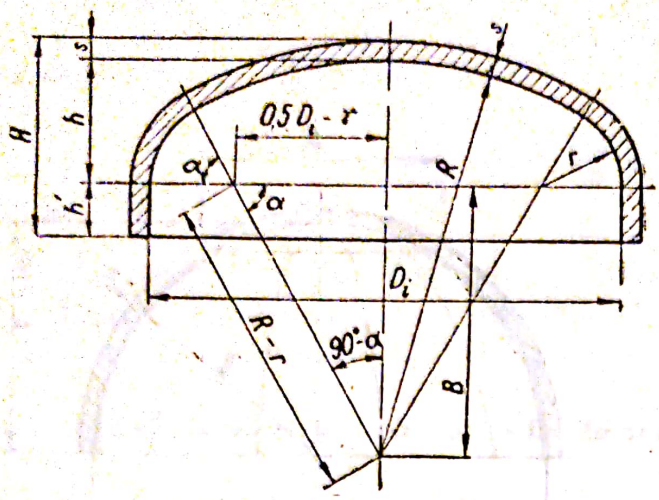


Fig.100. Fund sferic cu bordură.

Înălțimea fundului h, rezultă din următoarele relații geometrice:

$$h = R - B \quad [\text{cm}] \tag{95}$$

$$B = \sqrt{(R-r)^2 - (0{,}5\,D_i - r)^2} \quad [\text{cm}] \tag{96}$$

Fundurile de diametre mici, pînă la 530 mm, au diametrul exterior, dimensiune fixă, egală cu a țevilor standardizate, iar diametrul interior variabil în funcție de grosimea peretelui fundului.

Fundurile de diametru mare, de la 600 mm pînă la 4 000 mm, au diametrul interior (egal cu diametrul normalizat) fix, iar diametrul exterior variabil în funcție de grosimea fundului.

Grosimea fundurilor sferice cu bordură se calculează cu formula:

$$s_f = \frac{p \cdot D_i \cdot y}{2 \cdot \sigma_a \cdot \varphi - p} + c \quad [\text{cm}] \tag{97}$$

în care y este un coeficient de majorare și depinde de $\frac{r}{R}$ conform tabelei 9:

Tabela 9

Coeficienți de majorare

$\frac{r}{R}$	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20
y	2,7	2,1	1,75	1,6	1,5	1,45	1,41	1,37	1,33	1,30

c. Funduri elipsoidale

Fundurile elipsoidale sînt acelea care în secțiune diametrală au forma descrisă în curbe eliptice. Ele sînt prevăzute la capete cu o zonă cilindrică prin intermediul căreia se sudează de mantaua cilindrică. Se evită astfel efor-

turi suplimentare în zona de racordare a părţii eliptice cu cilindrul şi deci nu mai apar deformări suplimentare în zona suprafeţei elipsoidale.

Atît în prezent cît şi în perspectivă, acest tip are cea mai largă utilizare, avînd un consum minim de metal. A înlocuit şi tinde să înlocuiască definitiv fundurile sferice cu bordură.

Fundurile elipsoidale (fig. 101) care se execută în mod curent, au coeficientul de formă, adică raportul axelor elipsei : $\frac{D}{2 \cdot h} = 2$ şi sînt standardizate în ţara noastră (Anexele II, III, IV şi V).

Grosimea teoretică s_f a fundului poate fi exprimată în funcţie de grosimea s a mantalei de acelaşi diametru prin relaţia :

$$s_f = s \cdot y \qquad (98)$$

unde y este coeficientul de formă, cu ajutorul căruia se ia în consideraţie efectul de concentrare a eforturilor unitare.

Pentru fundurile elipsoidale cu $\frac{D}{2 \cdot h} = 2$ şi $y = 1{,}09$,

$$s_f = \frac{p \cdot D_i \cdot y}{2 \cdot \sigma_a \alpha \cdot \varphi - p} + c \quad [\text{cm}] \qquad (99)$$

În cazul cînd fundul se ambutisează dintr-o singură bucată de tablă $\varphi = 1$.

Fundurile de dimensiuni mari se realizează prin sudarea a două table, astfel încît cordonul de sudură să fie la o distanţă de :

$$a_{max} = 0{,}2\ D_i$$

cît mai departe de bordură (fig. 102).

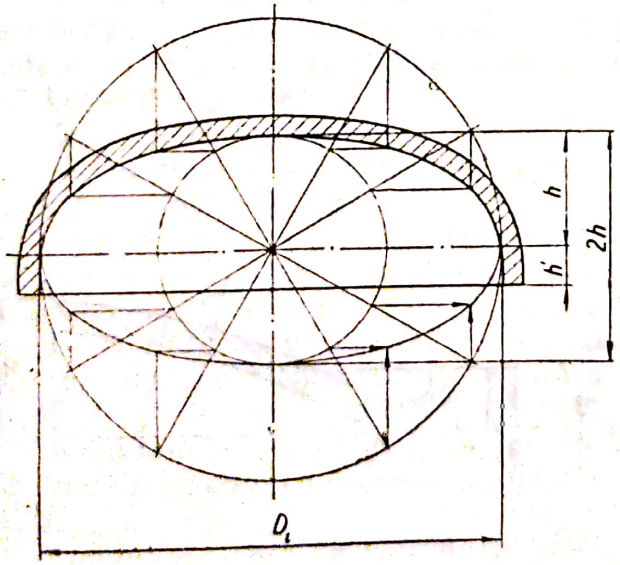


Fig. 101. Fund elipsoidal.

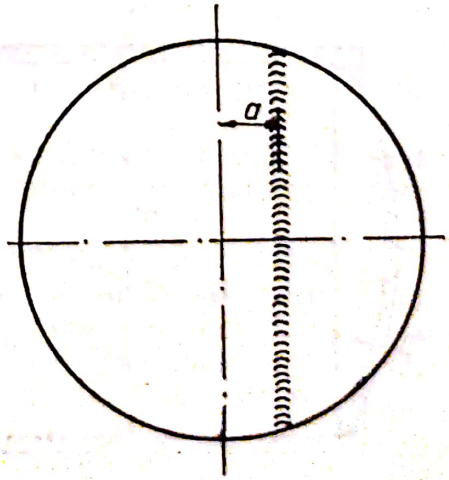


Fig. 102. Desfăşurarea unui fund executat din două table sudate.

Fundurile cu diametrul mai mare de 1 600 mm se execută dintr-un număr impar de segmente și o calotă.

Executarea fundurilor prin matrițare sau ambutisare, poate provoca subțieri locale și de aceea pentru a compensa acest fenomen, la calculul grosimii fundurilor pe lîngă adaosul de coroziune c_1 se va adăuga și un adaos tehnologic c_2.

Valorile recomandate pentru adaosul tehnologic în cazul fundurilor executate din oțeluri carbon, sînt următoarele:

pentru $s_f - c_1 \leqslant 10$ mm	$c_2 = 3$ mm
10 mm $< s_f - c_1 \leqslant 20$ mm	$c_2 = 2$ mm
20 mm $< s_f - c_1 \leqslant 30$ mm	$c_2 = 1$ mm
30 mm $< s_f - c_1$	$c_2 = 0$ mm

d. Fundurile în formă de calotă sferică fără bordură

Acestea sînt mai simple și mai ușor de executat, față de fundurile sferice cu bordură sau elipsoidale și se utilizează pentru recipientele care au presiuni mici. În locul de îmbinare a fundului cu mantaua, apar momente mari și forțe de contur, fapt pentru care aceste funduri se pot utiliza pentru aparatele lucrînd la $p_{max} = 0{,}7$ kgf/cm² și care conțin lichide și gaze inerte în apă, ulei, aer, la temperaturi normale și pentru produse petroliere grele.

Fundurile în formă de calotă sferică fără bordură se sudează direct de manta ca în figura 103.

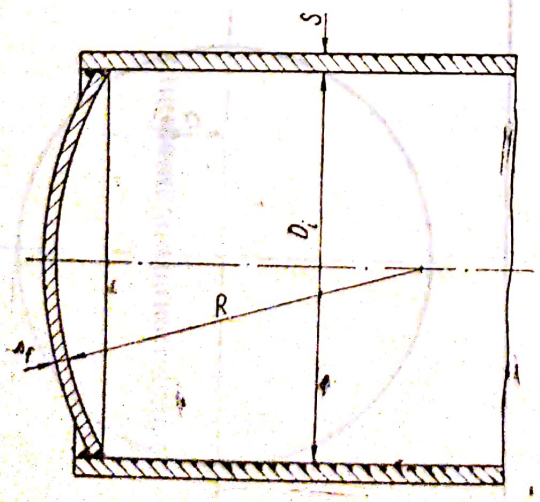


Fig. 103. Fund în formă de calotă sferică fără bordură.

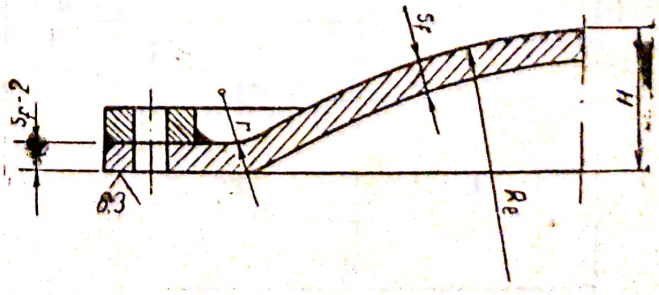


Fig. 104. Capac în formă de taler.

e. Capace în formă de taler

Aceste capace (fig. 104) se execută cu flanșă, demontabile față de corpul recipientelor. Se utilizează numai la presiuni și încărcări nu prea mari (sub 0,7 kgf/cm²) și se recomandă următoarea geometrie a capacului.

$$R_e = 1{,}1\ D_e;$$

$$H \approx 0{,}118\ D_e;$$

$$r = 0{,}04\ D_e.$$

Bordura plană se prelucrează după fixarea flanșei prin sudare pe aproximativ 2 mm adîncime, pînă se asigură o suprafață de etanșare corespunzătoare.

Grosimea capacului se stabilește egală cu grosimea mantalei recipientului.

f. Funduri conice

Acest tip de funduri se utilizează numai în cazuri speciale, necesare procesului tehnologic (de exemplu pentru ușurarea descărcării materialelor pulverulente, sau ca să servească drept difuzor destinat să micșoreze pierderea de presiune din cauza micșorării presiunii dinamice), deoarece la aceleași diametre și condiții de lucru, rezultă grosimi de perete mai mari decît în cazul fundurilor sferice, elipsoidale etc.

După construcție se deosebesc: funduri conice cu bordură (racordate la manta) care sînt specifice vaselor sub presiune (fig. 105) și funduri conice sudate în unghi (neracordate) care se utilizează la o presiune maximă de 0,7 kgf/cm² (fig. 106).

După felul încărcăturii se deosebesc următoarele cazuri:

– aparatul este solicitat de vapori sau gaze. În acest caz presiunea nu variază cu înălțimea vasului;

– aparatul este solicitat de presiunea hidrostatică a unui lichid. În acest caz presiunea variază cu înălțimea aparatului. Aparatele încărcate cu solide de granulație fină se pot încadra în acest caz;

– aparatul este solicitat de presiunea hidrostatică a unui lichid și în plus pe suprafața lichidului acționează o presiune de vapori sau gaze. Și în acest caz presiunea unitară variază cu înălțimea coloanei de lichid.

Fundurile conice cu unghiul la vîrf $2\alpha > 160°$ se calculează ca o placă, iar fundurile conice cu unghiul la vîrf $2\alpha < 60°$, se calculează ca o manta cilindrică.

Fundurile conice cu bordură prezintă în continuarea bordurii o porțiune cilindrică de înălțime h (fig. 107), care trebuie să fie $h > 3\ s_f$, însă nu mai mică de 50 mm.

Scanned with OKEN Scanner

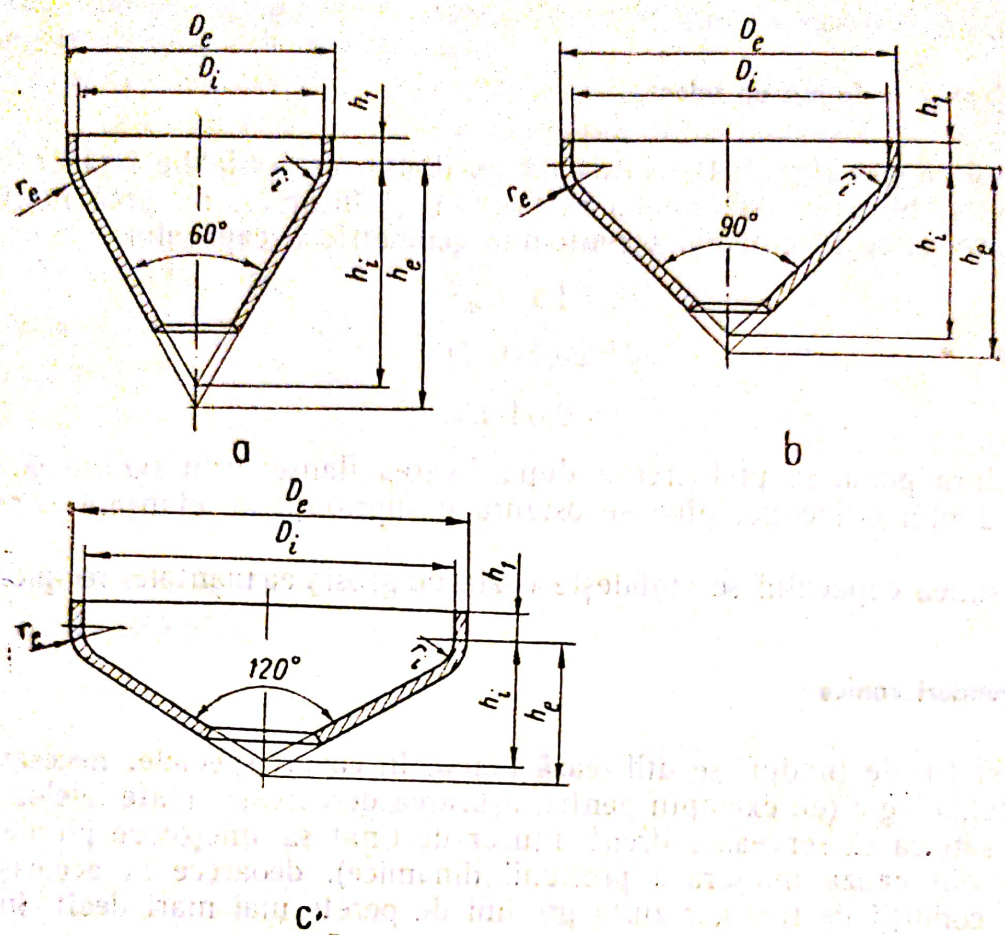


Fig. 105. Funduri conice cu bordură:
a — $2\alpha = 60°$
b — $2\alpha = 90°$
c — $2\alpha = 120°$

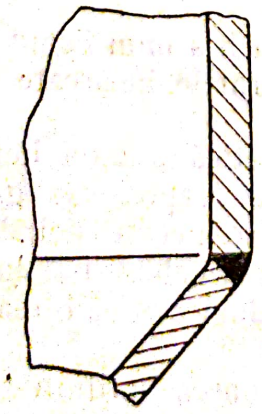


Fig. 106. Fund conic fără bordură.

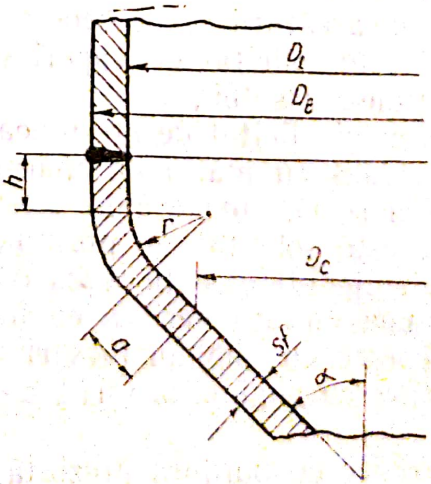


Fig. 107. Dimensiuni pentru calculul fundului conic cu bordură.

Grosimea fundurilor conice cu bordură, cu unghiul la vîrf ($2\alpha°$) cuprins între 60 și 160°, se calculează prin două metode:

– pe baza solicitărilor (tensiunilor) de încovoiere din zona bordurată cu formula:

$$s_{c_1} = \frac{p \cdot D_i \cdot y}{2 \cdot \sigma_{ai} \cdot \varphi \cdot \cos \alpha - p} + c \quad [\text{cm}] \qquad (100)$$

unde:

y este un coeficient de corecție care depinde de forma fundului (de unghiul la vîrf și raza bordurii);

σ_{ai} – tensiunea admisibilă la încovoiere.

– pe baza solicitărilor unitare inelare de întindere în zona cu diametrul interior D_e (fig. 107) folosind formula:

$$s_{c_2} = \frac{p \cdot D_c}{2 \cdot \sigma_a \cdot \varphi \cdot \cos \alpha - p} + c \quad [\text{cm}] \qquad (101)$$

Din aceste valori se alege valoarea cea mai mare.

Fundurile cu $2\alpha = 60°$, 90° și 120° au fost standarizate, adoptîndu-se pentru $\frac{r}{D}$ valoarea 0,15. În acest caz valoarea lui y necesară în formula (100) se poate lua din tabela 10.

Pentru stabilirea diametrului D_c se alege distanța a (fig. 107) egală cu 10 s_{c_1}:

$$D_c = D_i - 2(a \sin \alpha) \quad [\text{cm}] \qquad (102)$$

Tabela 10

Valorile coeficientului de corecție y

$2\alpha°$	y
60	1
90	1,3
120	2

g. Capace și funduri plane

Capacele plane utilizate în industria chimică și rafinării au forma rotundă și uneori dreptunghiulară. Pentru calculul capacelor plane circulare se folosește formula de dimensionare generală:

$$s_f = D_c \sqrt{\frac{k \cdot p}{\sigma_a}} + c \quad [\text{cm}] \qquad (103)$$

unde:

s_f este grosimea capacului rezultată din calcul, în cm;

D_c – diametrul teoretic de calcul, delimitînd suprafața pe care se exercită presiunea. Mărimea lui depinde de forma suprafeței de îmbinare și este indicat pentru fiecare caz în parte în figurile 68, 69 și 70;

p – presiunea de regim (de calcul);

t – coeficient de corecție care depinde de forma constructivă a capacului și tipul fixării.

2. Calculul fundurilor supuse la presiunea exterioară

Ca și în cazul mantalelor cilindrice supuse la presiune exterioară, există pericolul ca fundurile să se burdușească.

Fundurile sferice, sferice racordate, elipsoidale sau conice lucrînd la presiune exterioară se dimensionează ca și fundurile supuse la presiune interioară. Grosimea rezultată se înmulțește cu un coeficient cuprins între 1,6 și 1,7. Presiunea maximă de lucru care se obține cu formulele folosite pentru presiunea interioară se împarte pentru aceleași condițiuni cu coeficientul 1,6 pînă la 1,7.

3. Exemple de calcul

Exemplul nr. 1

Să se calculeze un rezervor sferic pentru propan care are următoarele date:

- temperatura maximă — 60°C
- presiunea — 10 kgf/cm²
- diametrul obținut din calculul tehnologic — D_i=5 000 mm
- materialul din care este executat — OL 37
- sudură electrică manuală în X

Rezolvare:

- pentru OL 37 și 60°C — σ_a=1 000 kgf/cm²
- pentru suduri în X — φ=0,85
- pentru propan — c_1=0,2 cm
- adaos tehnologic — c_2=0,3 cm

Utilizînd formula (94):

$$s_f=\frac{p\cdot D_i}{4\ \sigma_a\cdot\varphi-p}+c_1+c_2=\frac{10\cdot 500}{4\cdot 1\,000\cdot 0{,}85-10}+0{,}2+0{,}3=1{,}95\ \text{cm}$$

se alege s=20 mm

Exemplul nr. 2

Să se calculeze fundul unui recipient cunoscînd următoarele date:

- fluidul din vas — soluție de sodă 2%
- temperatura — 50°C
- presiunea — 10 kgf/cm²
- diametrul obținut din calcule tehnologice — 2 000 mm
- materialul din care este executat — OL 37
- sudat cu completare la rădăcină.

Rezolvare :

Se adoptă un fund sferic cu bordură având notațiile ca în figura 100.

a) Calculul elementelor geometrice :

$R=D=2\,000$ mm$=200$ cm

$r=0{,}15\ D=0{,}15\cdot 2\,000=300$ mm$=30$ cm

$h'=50$ mm

folosind formulele (95) și (96) :

$$B=\sqrt{(R-r)^2-\left(\frac{D}{2}-r\right)^2}=\sqrt{(200-30)^2-(100-30)^2}=154 \text{ cm}$$

$h=R-B=200-154=46$ cm

b) Calculul grosimii fundului se efectuează cu formula (97) :

$$s_f=\frac{p\cdot D_i\cdot y}{2\cdot \sigma_a\cdot \varphi-p}+c$$

— pentru OL 37 și 50°C	$\sigma_a=1\,000$ kgf/cm²
— pentru sudură în completare la rădăcină	$\varphi=0{,}85$
— adaosul de coroziune	$c_1=0{,}3$ cm
— adaosul tehnologic	$c_2=0{,}2$ cm
— coeficientul de majorare (prin interpolare din tabela 9 pentru $\frac{r}{R}=\frac{30}{200}=0{,}15$)	$y=1{,}39$

$$s_f=\frac{10\cdot 200\cdot 1{,}39}{2\cdot 1\,000\cdot 0{,}85-10}=0{,}3+0{,}2=2{,}14 \text{ cm.}$$

Se alege $s=22$ mm.

Exemplul nr. 3

Să se calculeze grosimea unui fund elipsoidal al unei camere de cocs, având următoarele date :

— fluidul din manta	păcură
— temperatura maximă	450°C
— presiunea	8 kgf/cm²
— diametrul interior	$D_i=3\,200$ mm
— materialul din care este executat	OL 37
— fundul executat din petale cu sudură în X	

Rezolvare

pentru OL 37 și 450°C	$\sigma_a=530$ kgf/cm²
pentru sudură în X	$\varphi=0{,}85$
pentru păcură	$c_1=0{,}5$ cm

Utilizînd formula (99) :

$$s_f=\frac{p\cdot D_i\cdot y}{2\cdot \sigma_a\cdot \varphi-p}+c=\frac{8\cdot 320\cdot 1{,}09}{2\cdot 530\cdot 0{,}85-8}+0{,}5=3{,}6 \text{ cm,}$$

se alege $s_f=36$ mm

C. RACORDURI

Legătura recipientelor cu celelalte utilaje ale liniei tehnologice se realizează cu ajutorul racordurilor (pentru umplere, golire, alimentare cu abur, cu aer comprimat etc. fig. 108).

Umplerea și descărcarea unui recipient la presiune atmosferică, nu se poate face decît dacă acesta este prevăzut și cu un racord pentru aerisire de diametru practic egal cu cel mai mare dintre racordurile de umplere și de golire.

Diferitele armături necesare deservirii recipientului în exploatare se leagă și ele la racorduri prevăzute în acest scop.

În cazul recipientelor executate din oțel, racordul se compune de regulă dintr-o țeavă (numită ștuț) din oțel, sudată de manta, de capac sau de fund, cu sau fără îndoire și dintr-o flanșă de tip corespunzător presiunii de regim.

Ștuțurile montate la partea superioară a recipientelor vor depăși suprafața interioară a vasului cu 3 pînă la 4 mm, împiedicînd prin aceasta prelingerea de lichid, inclusiv a picăturilor de condensat pe manta sau pe capac, prelingere care duce adesea la coroziune accentuată (fig. 108 *a* și *g*).

În cazul ștuțurilor sudate în suprafața laterală a mantalelor cilindrice porțiunea de ștuț care depășește suprafața interioară a coloanei se reglează pentru a permite introducerea și scoaterea din aparat a anumitor piese cu diametrul foarte apropiat de cel al coloanei (de exemplu talerele coloanelor, pereți despărțitori, capetele flotante ale schimbătoarelor de căldură etc.), ca în figura 108, *b*.

Cînd grosimea capacului sau mantalei nu este prea mare (3 pînă la 4 mm, în special la recipiente din oțel anticorosiv), din capac sau manta se formează

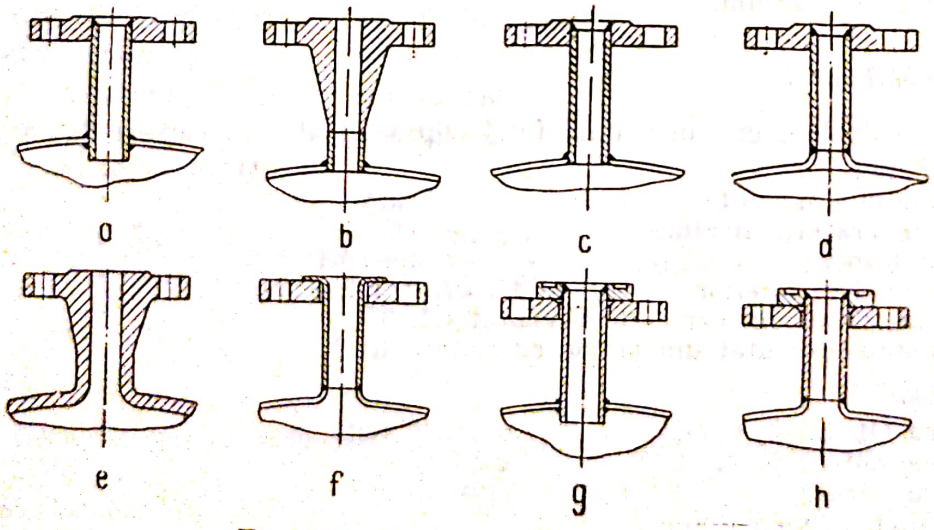


Fig. 108. Tipuri de racorduri:
a — cu flanșă plată și ștuț care străpunge mantaua; *b* — cu flanșă cu gît și ștuț pînă la marginea interioară a mantalei; *c* și *d* — montate pe fundul aparatelor; *e* — turnat cu corpul; *f* — țeavă cu margini răsfrînte pe flanșă liberă; *g* și *h* — țeavă cu flanșă liberă pe inel sudat.

prin bordurare la cald un guler, de care racordul se sudează cap la cap (fig. 108, *f* și *h*).

Racordurile de dimensiuni mici cu diametrul nominal sub 50 mm se rigidizează prin nervuri (fig. 109).

La aparatele turnate din fontă sau oțel, ștuțurile se toarnă împreună cu aparatul (fig. 108, *e*).

Lungimea racordurilor trebuie menținută la limita inferioară care să permită introducerea lesnicioasă și strîngerea șuruburilor și piuliților.

Lungimile cele mai reduse se obțin cu ajutorul pieselor de racordare (bosajelor) masive (fig. 110).

Ele servesc și ca inele de întărire.

În cazul legăturii recipientelor cu țevi prin intermediul filetelor se folosesc mufele (fig. 111). Acestea pot fi sudate de mantaua vasului în două variante și se utilizează în special în cazul dopurilor de aerisire și al montării unor aparate de măsură și control (manometre, vacuummetre).

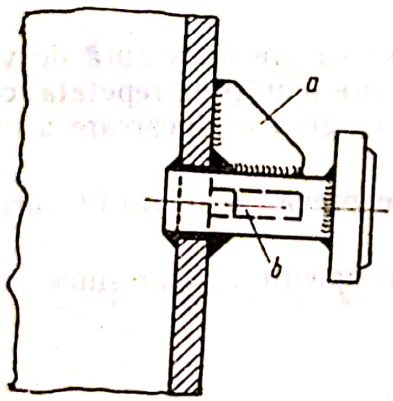


Fig. 109. Rigidizarea racordurilor :
a și *b* — nervuri de rigidizare.

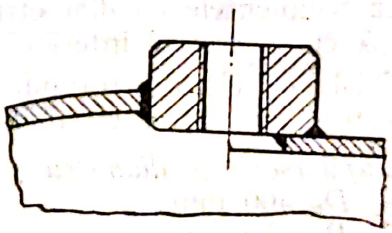


Fig. 111. Mufe.

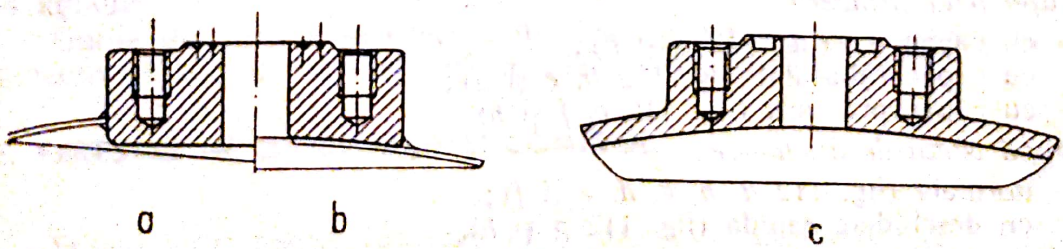


Fig. 110. Bosaje :
a — sudat pe ambele părți ale mantalei ; *b* — sudat pe suprafața mantalei ; *c* — turnat cu corpul.

Forma cordoanelor de sudură ale racordurilor poate influența asupra eforturilor unitare în zona racordurilor.

La racordurile de fund, pentru golire, trebuie respectată regula ca racordul să nu depășească suprafața interioară a fundului, pentru ca scurgerea să se poată face complet (fig. 108, *c* și *d*).

D. GURI DE VIZITARE

Gurile de vizitare servesc la controlul vizual al spațiului interior al aparatelor, la curățirea, spălarea, precum și la montarea și demontarea mecanismelor interioare ale aparatelor.

Toate (aparatele) recipientele cu diametrul de la 800 mm în sus, cu capac nedemontabil, trebuie prevăzute cu cel puțin o *gură de vizitare* de diametru interior (liber) minim 400 mm, care să permită intrarea în interiorul recipientului a unui muncitor.

În cazul recipientelor cu capac demontabil se va prevedea gură de vizitare numai cît este necesar pentru o bună deservire (curățirea repetată, control frecvent în interior) sau pentru a fi folosită ca gură de încărcare a unor materiale solide, pentru probe.

La recipientele cu diametrul sub 800 mm se prevăd obligatoriu *guri de inspecție* cu diametrul interior de 250 mm.

Gurile de vizitare rotunde din oțel pentru recipiente sub presiune standardizate (fig. 112) se clasifică astfel :

După mărimea diametrului nominal :
- D_n 400 mm ;
- D_n 500 mm ;
- D_n 600 mm.

După forma capacului :
- cu capac plan (fig. 112, *a*, *b*, *c*, *g* și *h*) ;
- cu capac bombat (fig. 112 *d*, *e* și *f*).

După felul prinderii :
- cu capac fix (fig. 112 *a* și *d*) ;
- cu capac rabatabil (fig. 112 *b*, *e* și *g*) ;
- cu capac pivotant (fig. 112 *c*, *f* și *h*).

După viteza de deschidere :
- normală (fig. 112 *a*, *b*, *c*, *d*, *e* și *f*) ;
- cu deschidere rapidă (fig. 112 *g* și *h*).

După tipul de etanșare :
- cu suprafața plană ;

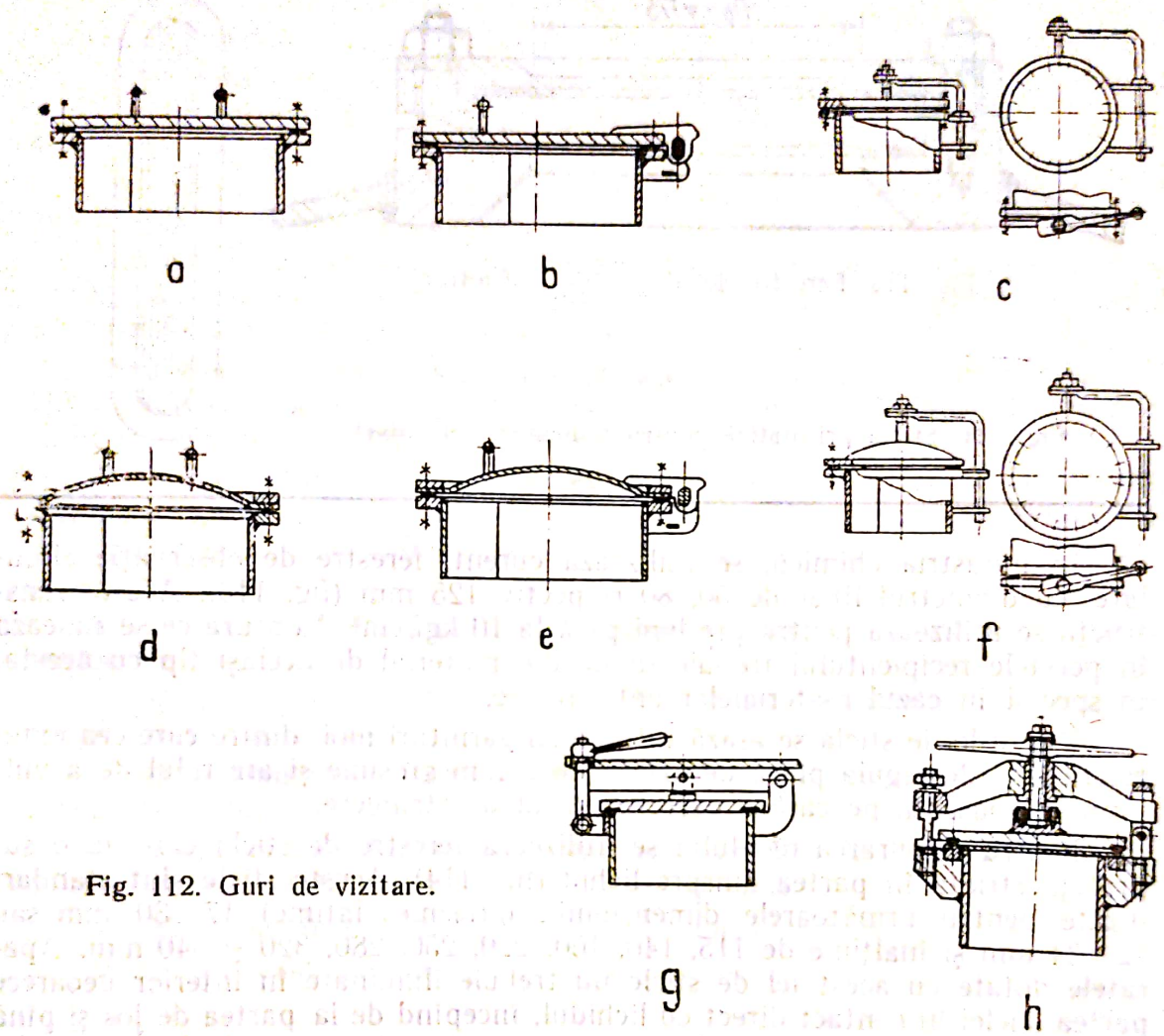


Fig. 112. Guri de vizitare.

— cu prag și adîncitură ;
— cu canal și pană.

După presiunea de lucru :

— 1 ; 2 ; 2,5 ; 3 ; 4 ; 5 ; 6 ; (8) ; 10 ; (12,5) ; 16 ; 20 ; 25 ; 32 ; 40 ; 50 ; 64 kgf/cm².

Gurile de vizitare se execută din aceeași calitate de material cu corpul respectiv și anume din oțel carbon, oțel inoxidabil etc.

E. FERESTRE DE OBSERVAȚIE ȘI CONTROL

Se montează pentru controlul direct al ciclului de lucru și constituie părți componente ale aparatului. Ele se aplică pe manta sau pe capac cel puțin două : una pentru iluminare și cealaltă pentru observare.

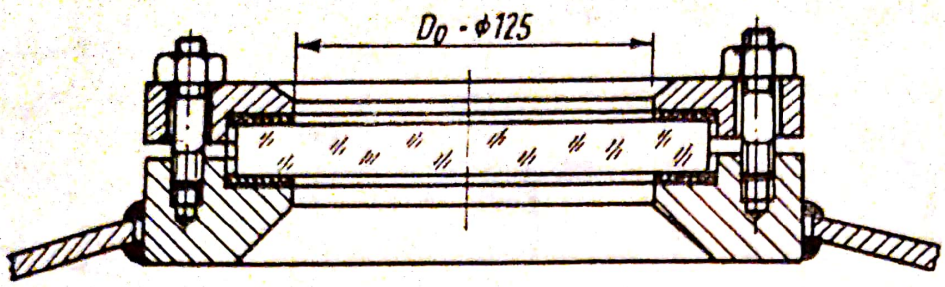


Fig. 113. Ferestre de observație și control.

Fig. 114. Sticlă prismatică pentru indicatoare de nivel.

În industria chimică, se utilizează curent, ferestre de observație circulare, cu diametrul liber de 50, 80 respectiv 125 mm (fig. 113). Aceste construcții se utilizează pentru presiuni pînă la 10 kgf/cm². Montura ce se sudează în peretele recipientului trebuie să fie din material de același tip cu acesta, în special în cazul materialelor anticorosive.

Discurile de sticlă se așază între două garnituri moi, dintre care cea exterioară este de regulă placă de azbest de 2 mm grosime și are rolul de a uniformiza apăsarea pe care o exercită inelul de strîngere.

Pentru măsurarea nivelului se utilizează ferestre de sticlă care au o suprafață striată în partea dinspre lichid (fig. 114). Aceste sticle sînt standardizate pentru următoarele dimensiunii: (grosime×lățime) 17×30 mm sau 22×34 mm și înălțime de 115, 140, 160, 220, 250, 280, 320 și 340 mm. Aparatele dotate cu acest fel de sticle nu trebuie iluminate în interior deoarece partea sticlei în contact direct cu lichidul, începînd de la partea de jos și pînă la nivelul lichidului, capătă o culoare neagră, iar deasupra nivelului de lichid sticla are o culoare mult mai deschisă. Aceste sticle se execută pentru presiuni pînă la 32 kgf/cm².

F. CONSOLIDAREA ORIFICIILOR

1. Generalități, forme constructive

Practicarea de orificii în pereții sau fundurile vaselor, face ca rezistența acestor elemente să scadă simțitor. A apărut deci necesitatea de a compensa această slăbire printr-un mijloc oarecare.

S-au încercat următoarele metode de consolidare :

Se îngroașă întreaga suprafață a peretelui în care s-a practicat orificiul.

S-a constatat că materialul adăugat (prin îngroșare) care se află amplasat departe de orificiu nu influențează asupra micșorării concentrării rezistențelor în jurul orificiului.

Compensarea se realizează local, utilizîndu-se ștuțuri sau inele de întărire în jurul orificiilor practicate.

Încercările făcute asupra unor mantale la care s-au practicat orificii, au arătat că în peretele mantalei, la marginea orificiului, au apărut eforturi de 5 ori mai mari decît în restul mantalei.

Prin compensarea cu ștuțuri îngroșate sau cu inele de întărire a orificiilor s-a ajuns ca eforturile măsurate la marginea orificiului să nu difere decît în mică măsură față de eforturile din restul mantalei.

Realizarea întăririi orificiilor, pentru a se asigura rezistența peretelui slăbit prin practicarea de orificii, se face de obicei prin inele de întărire sudate pe peretele aparatului și anume de corpul racordului, așa cum se vede și în figura 115.

În vederea obținerii rezultatelor optime trebuie să se țină seama de următoarele recomandări ;

– să se asigure o sudură optimă între inelul de întărire și manta, respectiv între inel și racord ;

– să se amplaseze elementele de întărire cît mai aproape posibil de marginea orificiului.

Zona eficace de întărire a orificiului este marcată de dreptunghiul $ABEF$ și are lungimea $2(d_s+2c)$ și înălțimea $6(s-c)$ unde :

d_s este diametrul interior al racordului (ștuțului), în cm ;

c – adaosul de coroziune, în cm ;

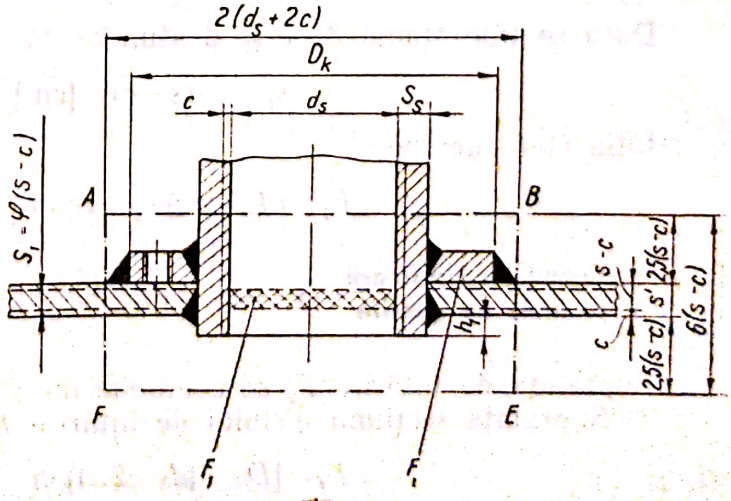


Fig. 115. Compensarea orificiilor.

s — grosimea mantalei, inclusiv adaosul de coroziune, în cm.

În cazurile cînd este necesar ca diametrul exterior al inelului de întărire să fie foarte mic se folosesc racorduri din țevi groase sau foarte groase.

Inele de întărire se pot monta pe fața exterioară sau cea interioară a peretelui aparatului sau se pot aplica două inele unul la interior și altul la exterior.

Orificiile se întăresc în cazurile în care diametrul nominal al racordurilor este mai mare de 50 mm.

Orificiile amplasate pe funduri trebuie să fie în afara zonei de racordare.

În cazul amplasării racordurilor pe manta, diametrul d_o al racordurilor nu va depăși 1/3 din diametrul d al vaselor cu $d \leqslant 1\,500$ mm, respectiv 1/2 din diametrul d al vaselor cu $d > 1\,500$ mm.

Distanța între cusătura de sudură de pe vas și marginea exterioară a ștuțului sau a inelului de întărire a ștuțului este de minimum 40 mm.

2. Calculul întăririlor orificiilor

Se consideră că suprafața secțiunii F_1 (fig. 115) decupată prin executarea orificiului, trebuie compensată de suprafața F_2 a secțiunii transversale de întărire, adică trebuie satisfăcută relația:

$$F_1 \leqslant F_2 \quad [\text{cm}^2] \tag{104}$$

Suprafața F_1 se calculează cu relația:

$$F_1 = (d_s + 2.c) \cdot s_1 \quad [\text{cm}^2] \tag{105}$$

unde:

d_s este diametrul interior al ștuțului, în cm;

s_1 — grosimea necesară mantalei neluînd în considerație adaosul de coroziune c și majorarea datorită coeficientului de calitate al sudurii φ, în cm.

Dacă se ține seama de c și φ atunci:

$$s_1 = \varphi \cdot (s - c) \quad [\text{cm}] \tag{106}$$

și relația (105) devine:

$$F_1 = (d_s + 2.c) \cdot \varphi \cdot (s - c) \quad [\text{cm}] \tag{107}$$

a. Calculul consolidării cu inele de întărire

Suprafața de întărire F_2 se compune din:

1) Suprafața secțiunii inelului de întărire F_i

$$F_i = [D_k - (d_s + 2.c)] \cdot h \quad [\text{cm}] \tag{108}$$

unde :

D_k este diametrul exterior al inelului, în cm ;
h – grosimea inelului, în cm.

Considerîndu-se $F_2=F_i$ și introducîndu-se valorile lui F_1 (din formula 107) și a lui F_i (din formula 108) în formula 104 rezultă :

$$(d_s+2c)\cdot\varphi\cdot(s-c)=[D_k-(d_s+2c)]\cdot h.$$

Explicitînd în D_k se obține :

$$D_k=d_s+2.c+\frac{\varphi\cdot(s-c)\cdot(d_s+2c)}{h} \quad [\text{cm}] \qquad (109)$$

În cazul cînd se introduce în formula de mai sus : $c=0$; $h=s$ și $\varphi=0{,}85$ rezultă :

$$D_k=1{,}85\ d_s \quad [\text{cm}] \qquad (110)$$

iar în cazul cînd : $c=0$; $h=s$ și $\varphi=1$ rezultă :

$$D_k=2\cdot d_s \quad [\text{cm}] \qquad (111)$$

În practică în majoritatea cazurilor se adoptă :

$$h=s \text{ și } D_k\leqslant 2d_s$$

b. Calculul consolidării prin îngroșarea racordului

În cazul cînd nu există posibilitatea aplicării inelelor de întărire, cum este cazul orificiilor amplasate pe un fund tangent la bordură, se ia în considerație îngroșarea ștuțului din zona eficientă :

$$F_ș=2(s_ș-s_{1ș})2{,}5(s-c) \quad [\text{cm}^2] \qquad (112)$$

unde :

F_s este suprafața secțiunii suplimentare a ștuțului, în cm² ;
$s_ș$ – grosimea ștuțului, în cm ;
$s_{1ș}$ – grosimea de calcul a ștuțului, în cm ;
s – grosimea mantalei, în cm.

Condiția consolidării va fi :

$$F_1\leqslant F_ș$$

$$(d_s+2.c)\cdot\varphi\cdot(s-c)\leqslant 5(s_ș-s_{1ș})\,(s-c) \qquad (113)$$

G. REAZEME ȘI SUPORTURI. PROBLEME DE REZEMARE

1. Construcția suporturilor pentru aparatele cilindrice orizontale

a. Forme constructive

Majoritatea aparatelor orizontale utilizate în industria chimică și rafinării, ca de exemplu rezervoare de presiune, schimbătoare de căldură, preîncălzitoare etc., se montează pe suporturi sau șei.

După dimensiunile vaselor, suporturile sînt în număr de 2 sau 3 și foarte rar 4, sau mai multe bucăți, amplasate la distanțe egale de-a lungul porțiunii cilindrice.

Aceste suporturi se montează pe fundații de beton.

De obicei suportul marginal din partea aparatului de unde pornesc conductele de legătură este fix, toți ceilalți sînt mobili pentru a permite dilatarea vasului.

Suporturile mobile pot fi :

– cu găuri ovale prevăzute în talpa care alunecă pe o altă talpă metalică fixată în beton ;

– cu găuri ovale fixate în bridele laterale de legătură dintre manta și suport;

– cu role.

Pentru variații de temperatură sub 100°C, dilatările ce intervin fiind mici, problema se rezolvă prin utilizare de suporturi cu găuri ovale.

b. Elemente de calcul

Este necesară verificarea eforturilor de încovoiere care apar în pereți vaselor cilindrice orizontale așezate pe suporturi datorită sarcinii utile și greutății proprii.

Efectele care apar datorită acestor eforturi sînt următoarele:

– încovoiere datorită greutății proprii a recipientului și a sarcinii lichidului din recipient ;

– voalare (turtire) în cîmpul dintre reazeme ;

– pierderea stabilității mantalei cilindrice în zona reazemelor.

Scanned with OKEN Scanner

Lungimea echivalentă a fundurilor aparatelor ar fi lungimea corespunzătoare în cazul cînd secţiunea ar fi tot cilindrică, fără fund :

$$l_{ech}=\frac{G_1+G_2}{\gamma_1\frac{\pi}{4}(D^2-d^2)+\gamma_2\frac{\pi}{4}d^2}\ [\text{dm}] \qquad (114)$$

unde :

l_{ech} este lungimea echivalentă ;
G_1 – greutatea fundului, în kgf ;
G_2 – greutatea apei din fund, în kgf ;
γ_1 – greutatea specifică a materialului mantalei, în kgf/dm³ (pentru oţel $\gamma_1=7{,}85$) ;
γ_2 – greutatea specifică a lichidului din aparat, în kgf/dm³ (în cazul apei $\gamma_2=1$) ;
D – diametrul exterior al aparatului, în dm ;
d – diametrul interior al aparatului, în dm.

CALCULUL EFORTURILOR ÎNCOVOIETOARE MAXIME

Calculul momentelor încovoietoare maxime în cazul unui aparat montat orizontal pe două reazeme (fig. 118), se face astfel :

Dacă aparatul împreună cu sarcina utilă cîntăreşte P kgf, sarcina pe un centimetru liniar va fi :

$$p=\frac{P}{l}\ [\text{kgf/cm}] \qquad (115)$$

Reacţiunile pe cele două suporturi vor fi :

$$V_A=V_B=\frac{P}{2}=\frac{p\cdot l}{2}\ [\text{kgf}] \qquad (116)$$

Din punct de vedere al momentelor maxime se deosebesc trei cazuri :

Cazul 1: $a>0{,}207\ l$ (117)

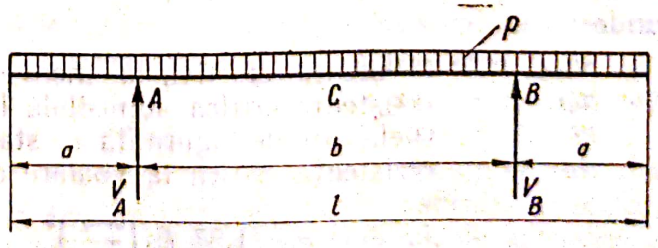


Fig. 116. Schema de calcul a unei grinzi pe două reazeme.

Secțiunea periculoasă este pe reazemele A și B, iar momentul maxim se calculează cu formula:

$$M_{max}=\frac{p\cdot a^2}{2} \quad [\text{kgf.cm}] \tag{118}$$

Cazul 2: $a<0{,}207\ l$ (119)

Secțiunea periculoasă este la mijlocul distanței dintre reazeme, iar momentul maxim se calculează cu formula:

$$M_{max}=\frac{p\cdot a(a-4c)}{8} \quad [\text{kgf.cm}] \tag{120}$$

Cazul 3: $a=0{,}207\ l$

Secțiunea periculoasă este atît în reazemele A și B cît și la mijlocul rezervorului (în C); momentul maxim este:

$$M_{max}=M_A=M_B=M_C\cong\frac{1}{47}p\cdot a \quad [\text{kgf.cm}] \tag{121}$$

În funcție de momentele maxime de încovoiere, calculate așa cum s-a arătat mai sus, rezistențele maxime se determină cu relația:

$$\sigma_{i_{max}}=\frac{M_{max}}{W} \quad [\text{kgf/cm}^2] \tag{122}$$

unde W este modulul de rezistență al mantalei și se calculează cu formula:

$$W=0{,}8\cdot D_m^2\cdot s_1 \quad [\text{cm}^3] \tag{123}$$

$s_1=s-c$, grosimea mantalei fără adaos de coroziune,

$D_m=d+2c+s_1$, diametrul mediu al mantalei fără adaos de coroziune.

Verificarea la voalare (turtire) în cîmp

Recipientele rezistă la voalare în cazul cînd:

$$\sigma_{i_{max}}\leqslant\sigma_{ak}=\frac{\sigma_k}{m} \quad [\text{kgf/cm}^2] \tag{124}$$

unde:

$\sigma_{i_{max}}$ este rezistența efectivă la încovoiere calculată cu formula 122;
σ_{ak} — rezistența critică admisibilă la voalare;
m — coeficient de siguranță la stabilitate;
σ_k — rezistența critică la voalare care se calculează cu relația:

$$\sigma_k=1{,}37\ E_t\left(\frac{s-c}{\ }\right)^2 \quad [\text{kgf/cm}^2] \tag{125}$$

unde :

E_t este modulul de elasticitate la temperatură a corpului aparatului în kgf/cm²;

R – raza exterioară a corpului aparatului.

În cazul aparatelor cu diametre mari și grosimi de perete relativ mici, rezistența critică la voalare σ_k are valoare mică. Se recurge atunci la inele de rigidizare.

Distanța dintre inele, L_1 se alege astfel încît :

$$L_1 < L_k = 1\,009\ \pi R \qquad [\text{cm}] \tag{126}$$

unde L_k este lungimea undei de voalare (turtire).

Rezistența critică la voalare în cazul aparatelor cu inele de întărire va fi :

$$\sigma'_k = 0{,}0605 E_t (s-c)^2 \left[\frac{9}{8}\frac{L_1^2}{R^4} + \frac{7}{6}\frac{\pi^4}{L_1^2}\right] \qquad [\text{kgf/cm}^2] \tag{127}$$

Se micșorează lungimea L_1 din formula 127 pînă cînd se obține o valoare suficient de mare pentru σ'_k care să satisfacă relația :

$$\sigma'_{ak} = \frac{\sigma'_k}{m} > \sigma_{i_{max}} \qquad [\text{kgf/cm}^2] \tag{128}$$

Momentul de inerție al inelului de întărire I, se determină prin încercări din relația :

$$\sigma'_k = 0{,}0605\ E s_1^2 \left[4{,}5\frac{L_1^2}{R^4} + \frac{7}{6}\frac{\pi^4}{(2L_1)^2}\right] + 4{,}36\frac{L_1 \cdot E \cdot I}{s_1 \cdot R_{inel}^3 \cdot R} \qquad [\text{kgf/cm}^2] \tag{129}$$

Verificarea stabilității vaselor cilindrice orizontale în dreptul suporturilor

Aparatele cilindrice montate orizontal se consolidează cu cadre sau table intermediare în dreptul suporturilor.

Constructiv și din punct de vedere al calculului se deosebesc trei cazuri :

Cazul 1. Aparatul este consolidat la interior în dreptul suportului cu un cadru triunghiular din profile. În acest caz mantaua va lucra ca un arc circular de secțiune constantă, articulat la extremități și încărcat cu o sarcină uniform distribuită (fig. 171).

Reacțiunea din reazem este o sarcină uniform distribuită pe întreaga suprafață de contact între aparat și suport.

Porțiunea de manta pe care se exercită reacțiunea reazemului este delimitată în sens circumferențial de punctele de sprijin ale cadrului triunghiular, avînd un unghi la centru de 120° și în sens longitudinal, de aproximativ lățimea suportului.

Scanned with OKEN Scanner

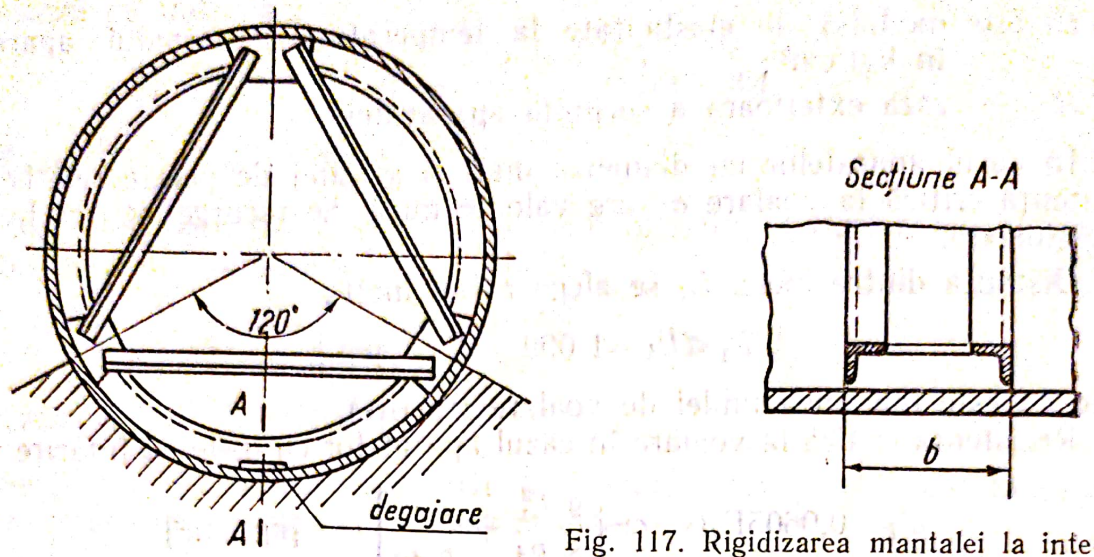


Fig. 117. Rigidizarea mantalei la interior în dreptul reazemelor.

Presiunea critică la care această porțiune cilindrică își va pierde stabilitatea este:

$$p_k = \frac{k \cdot E_t \cdot I_{inel}}{R^3} \quad [\text{kgf/cm}] \qquad (130)$$

unde:

E_t este modulul de elasticitate al mantalei la temperatura de lucru, în kgf/cm²;

R – raza interioară a aparatului, în cm;

K – coeficient experimental:

$K=8$ pentru cadru triunghiular cu $2\alpha=120°$;

$K=3$ pentru cadru de formă circulară sudat continuu de manta;

I_{inel} – momentul de inerție al secțiunii transversale a porțiunii din manta în cm⁴ și a cărui valoare este:

$$I_{inel} = \frac{(b+8 \cdot s_1)\ s_1^3}{12} \quad [\text{cm}^4] \qquad (131)$$

unde:

b este lățimea suportului;

s_1 – grosimea mantalei fără adaos de coroziune;

$b+8s_1$ – lățimea inelului porțiunii din manta asupra căreia se exercită reacțiunea din suport (reazem).

Sarcina efectivă de compresiune datorită reacțiunii suportului pe un centimetru de lungime a arcului de sprijin de calculează cu formula:

$$p_{ef} = \frac{P}{2 \cdot R \cdot \sin \frac{2\alpha}{2}} \quad [\text{kgf/cm}] \qquad (132)$$

În cazul particular al cadrului triunghiular, presiunea efectivă p_{ef} este:

$$p_{ef}=\frac{P}{2\cdot R\cdot\sin\frac{120^\circ}{2}}=\frac{P}{D\cdot\sin 60^\circ}=\frac{P}{0{,}866\cdot D}\qquad [\text{kgf/cm}] \qquad (133)$$

unde:

P este reacțiunea pe reazem;
D – diametrul exterior al aparatului.

Coeficientul de siguranță la voaloare trebuie să satisfacă condiția:

$$m=\frac{p_k}{p_{ef}}\geqslant 5 \qquad (134)$$

Cazul 2. Aparatul nu este consolidat în interior în dreptul suportului și nici în exterior.

Verificarea la voaloare se face în modul următor:

– se determină reacțiunile pe reazem (cu formula 116);
– se calculează momentul încovoietor care solicită mantaua, cu formula:

$$M_i=P\cdot R\cdot k_1 \qquad [\text{kgf.cm}] \qquad (135)$$

unde:

P este cea mai mare dintre reacțiunile pe suporturi;
R – raza exterioară a aparatului;
k_1 – coeficient experimental egal cu 0,04.

Rezistența la încovoiere în peretele mantalei va fi:

$$\sigma_i=\frac{M_i}{W} \qquad [\text{kgf/cm}^2] \qquad (136)$$

Modulul de rezistență se calculează în raport cu axa principală paralelă cu axa vasului:

$$W=\frac{(b+8\,s_1)\,s^2}{6} \qquad [\text{cm}^3] \qquad (137)$$

Dacă rezistența la încovoiere $\sigma_i>\sigma_a$ atunci se recurge la consolidarea mantalei prin plăci intermediare.

Cazul 3. Aparatul este consolidat la exterior cu o placă intermediară. Placa intermediară se adoptă cu următoarele dimensiuni:

– Grosimea s_i: $\quad s_1\leqslant s_i\leqslant 1{,}6\ s_1$
– Lățimea b_i: $\quad b+4\,s_1\leqslant b_i\leqslant b+6\,s_1$
– Lungimea l_i: $\quad l+4\,s_1\leqslant l_i\leqslant l+6\,s_1$

Scanned with OKEN Scanner

unde :

b și l sînt lățimea respectiv lungimea suportului ;

s_1 — grosimea mantalei fără adaos de coroziune.

Modulul de rezistență al secțiunii compuse (din porțiunea de manta și placa intermediară) se calculează în raport cu axa principală care trece prin centrul de greutate și este paralelă cu axa aparatului.

2. Construcția suporturilor pentru aparatele cilindrice verticale

În industria chimică și rafinării, majoritatea aparatelor utilizate se montează în poziție verticală.

Aparatele verticale sînt prevăzute cu suporturi de fixare prin care se transmit eforturile de la aparat la podea sau platforma de sprijin.

Suporturile se aleg în funcție de diametru și greutatea aparatelor, precum și de alți parametri constructivi.

Tipurile cele mai reprezentative de suporturi sînt următoarele:

a. Suporturi pentru aparate de diametru mare

Acestea sînt suporturi de formă cilindrică situate la baza aparatului care se utilizează în special pentru aparatele de tip coloană.

Dintre acestea se deosebesc următoarele variante :

Picior cilindric sudat suprapus (exterior) mantalei (fig. 118, *a*). Este tipul întrebuințat în mod curent. Sudura dintre fund și suport este continuă de colț (circumferențială). Sudura dintre fund și suport trebuie să lase neacoperită sudura dintre fund și manta și să se permită păstrarea unei distanțe între marginile celor două suduri care să fie mai mare decît de două ori grosimea peretelui recipientului.

Picior cilindric sudat pe fundul aparatului (fig. 118, *b*). Acest tip de suport se folosește în cazul aparatelor de diametre mari, înălțime mică și presiune mare. El este bun pentru că poate fi montat la funduri cu borduri mici, care sînt ușor de uzinat în cazul grosimilor mici.

La ambele variante ale acestor suporturi se prevăd în porțiunea cilindrică una sau două guri de vizitare. Aceste guri se întăresc pentru motive de rezistență cu platbande.

Suporturile se prevăd la partea superioară cu două sau trei orificii de aerisire.

Scanned with OKEN Scanner

Piciorul cilindric *2* este prevăzut la partea inferioară cu sistemul de fixare care se compune în principiu din următoarele elemente :

— *inelul de sprijin* sau talpa inelară *1* care transmite întreaga greutate a utilajului fundației, care se realizează din tablă (OL 37) groasă de 12 pînă la 30 mm ;

— *contrainelul* care se realizează continuu sau din segmenți *6*. Contrainelul se montează numai pentru aparate avînd înălțime mare și solicitări importante. În acest caz, în inelul de sprijin nu se practică găuri ci fante străpunse. Acest sistem ușurează montarea aparatului. Pentru aceleași considerente contrainelul se sudează la poziție după ce aparatul a fost montat.

— *Nervurile 3* se execută din laminate sau tablă cu grosimea 10 pînă la 20 mm și în număr dublu față de numărul șuruburilor de fundație.

Dimensionarea acestor suporturi cînd au înălțime mică (mai mică decît diametrul) se calculează cu formula 92, pentru mantale cilindrice foarte scurte.

b. Suporturi pentru aparate de diametru mic

Aceste suporturi au înălțimi de 1,7 pînă la 2 m. Se deosebesc două tipuri constructive :

— suport tronconic ;

— suport cilindric cu treflă.

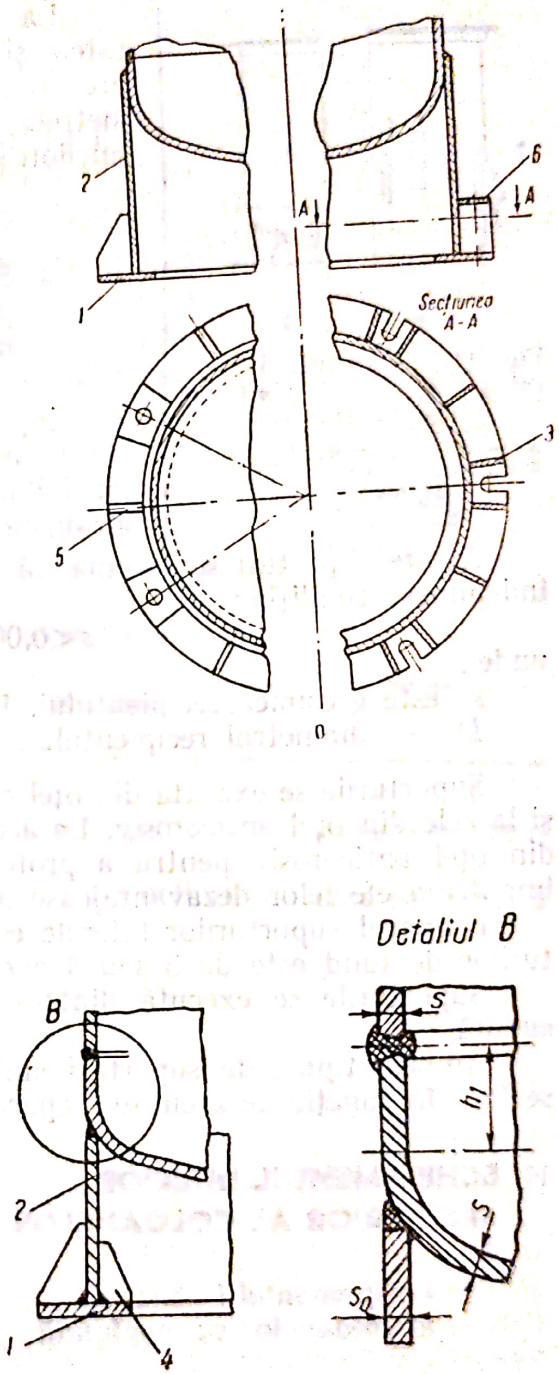


Fig. 118. Suporturi pentru recipiente verticale cu picior :

a — suprapus exterior ; *b* — sudat pe fundul aparatului : *1* — talpa inelară ; *2* — virolă suport ; *3*, *4* și *5* — nervuri ; *6* — placă

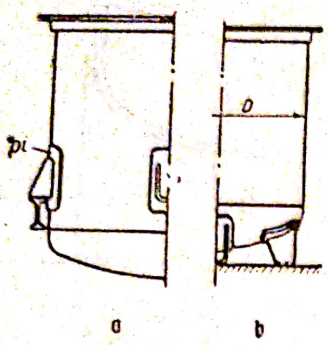


Fig. 119. Suporturi laterale și de fund pentru aparate verticale:
a — suport lateral; *b* — suport de fund; *p* — placă de întărire.

La ambele tipuri pentru a se mări stabilitatea și a se micșora solicitările din buloane, precum și presiunea pe beton, se măresc diametrele inelului de sprijin și ale centrelor șuruburilor.

3. Suporturi laterale sau de fund pentru aparate verticale montate suspendat sau rezemat

Suporturile (fig. 119) se montează direct pe mantaua cilindrică sau pe fund sau prin intermediul unei *plăci de întărire* de grosime egală cu grosimea peretelui.

Aceste suporturi se recomandă pentru recipientele cu pereți subțiri care îndeplinesc condiția:

$$s<0{,}008\ D \quad [\text{cm}] \qquad (138)$$

unde:

s este grosimea recipientului, în cm;
D — diametrul recipientului, în cm.

Suporturile se execută din oțel carbon (OL 37) la toate recipientele, chiar și la cele din oțel anticorosiv. La acestea din urmă se aplică plăci de întărire din oțel anticorosiv pentru a proteja materialul anticorosiv al recipientului împotriva efectelor dezavantajoase ale îmbinării cu o piesă din oțel carbon.

Numărul suporturilor laterale este de 2,4 și mai rar 8. Numărul suporturilor de fund este de 3 sau 4 eventual 6 la aparate mai mari.

Suporturile se execută dintr-o bucată sau din bucăți asamblate prin sudură.

Ambele tipuri de suporturi sînt standardizate. Alegerea din standarde se face în funcție de greutatea aparatului și diametrul său.

H. ECHIPAMENTUL INTERIOR ȘI EXTERIOR AL COLOANELOR

1. Echipamentul interior al coloanelor cu umplutură

a. Umplutura

Umplutura care se introduce pentru mărirea suprafeței de contact între lichidele și gazele care se prelucrează, trebuie să fie rezistentă, ieftină, să aibă stabilitate chimică față de produsele cu care vine în contact, trebuie să aibă

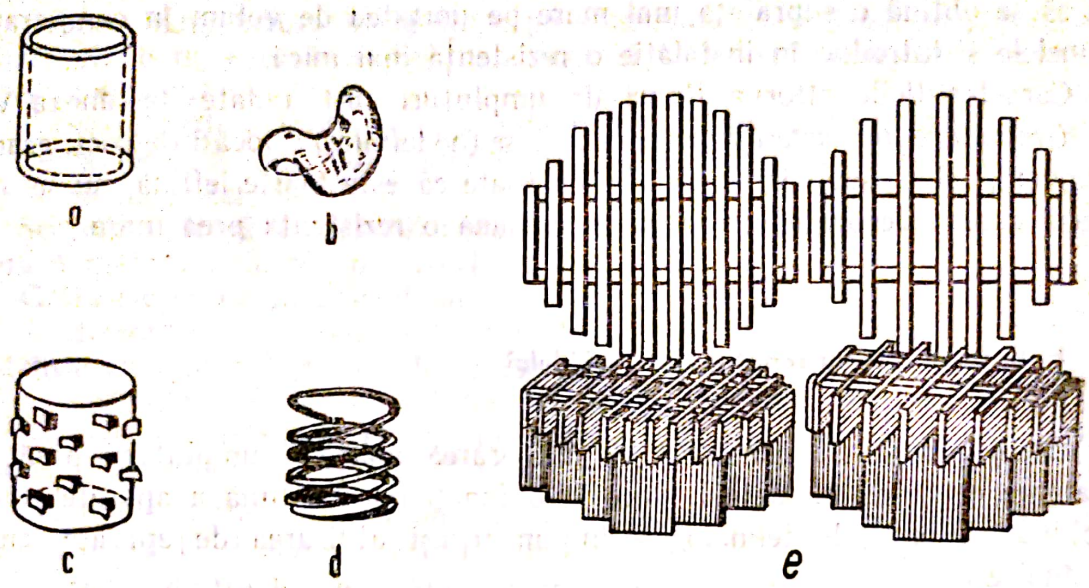


Fig. 120. Piese de umplutură.

a — inele Raschig ; *b* — șei Berl ; *c* — inele Pall ; *d* — spirale de sîrmă ; *e* — grătare din lemn.

o suprafață specifică mare pe 1 m³ de volum, o secțiune activă mare și o greutate specifică mică.

Dintre umpluturile din forme geometric bine definite cu care se încarcă coloanele se deosebesc :

- inele Raschig (fig. 120, *a*) ;
- șeile Berl (fig. 120, *b*) ;
- inelele Pall (fig. 120, *c*) ;
- spirale de sîrmă (fig. 120, *d*) ;
- diverse.

Inelele se fac atît din materiale ceramice cît și metalice. Șeile Berl se fac din materiale ceramice, iar în ultimul timp se încearcă executarea lor din table matrițate. Inelele Raschig, au în prezent cea mai mare răspîndire datorită construcției lor simple. Inelele Pall au cele mai bune caracteristici, deoarece ele sînt prevăzute cu găuri dreptunghiulare și cu șicane interioare. Datorită acestui sistem de construcție, gazele care circulă în coloană se saturează mai repede. Consumul de lichid în coloanele cu umplutură de inele Pall este mai mic decît în coloanele umplute cu inele Raschig.

Mult mai rar se întrebuințează umpluturi din spirale de sîrmă sau material plastic din plasă.

O largă utilizare au căpătat umpluturile sub formă de grătar executate din șipci de lemn (fig. 120, *e*). În practică se mai întîlnesc și umpluturi sub formă de grătar din materiale plastice. Umpluturile sub formă de grătar per-

mit să se obțină o suprafață mai mare pe unitatea de volum în comparație cu inelele și introduc în instalație o rezistență mai mică.

Caracteristicile cîtorva tipuri de umpluturi sînt redate în anexa VI.

Umplutura din material de forme diverse (nedefinite) : bucăți de cocs, granit sau cuarț, calcar sau cărbune activ, cu toate că este foarte ieftină, nu se utilizează curent deoarece introduce în coloană o rezistență prea mare.

b. Instalații pentru redistribuirea lichidului

Experimental s-a constatat că micșorarea înălțimii umpluturii pînă la o valoare egală cu diametrul, duce la o funcționare optimă a aparatelor cu umplutură. Condițiile tehnologice impun totuși utilizarea de aparate mult mai înalte.

În cazul folosirii coloanelor înalte cu umplutură trebuie luate măsuri pentru uniformizarea stropirii pe înălțime. În acest sens coloanele se prevăd cu :

Conuri de distribuție (fig. 121), care au rolul de a dirija lichidul ce se scurge pe pereții vasului din nou către centrul lui. Conurile de distribuție se așază la o distanță unul de altul de 1,6 pînă la 2 D.

Dezavantajul conurilor constă în faptul că îngustează secțiunea aparatului, măresc viteza gazului sau vaporilor în secțiunea interioară a conului și prin aceasta strică regimul hidraulic al coloanei.

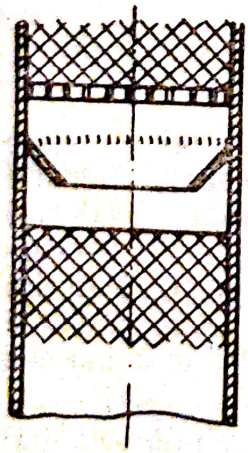


Fig. 121. Conuri de distribuție pentru redistribuirea lichidului.

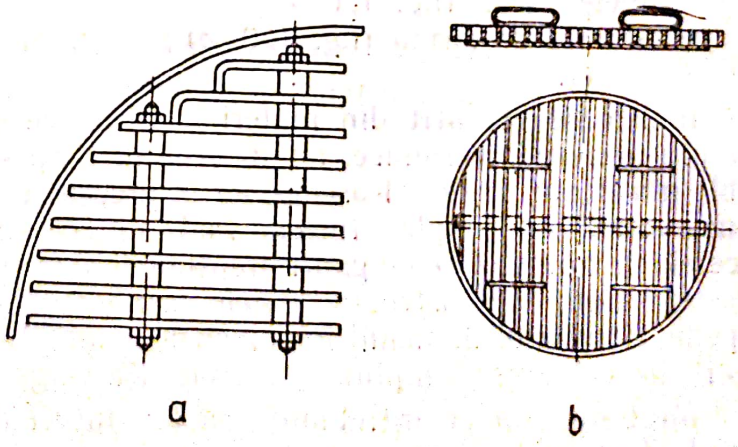


Fig. 122. Tipuri de grătare.

Grătare. Umplutura se sprijină pe construcțiile de susținere, bare sau grătare din bare, executate din oțel. Acestea trebuie să îndeplinească următoarele condiții :

– să prezinte o secțiune suficientă pentru trecerea fluidului ;
– să fie executate din materiale stabile la acțiunea mediului ;
– să fie rezistente.

Secțiunea liberă a grătarelor nu trebuie să fie mai mică decît secțiunea liberă a materialului de umplutură.

Grătarele se execută în două variante :

– demontabile – din platbande distanțate cu bucșe tăiate din țeavă și strînse cu ajutorul șuruburilor prizoniere (fig. 122, *a*) ;
– nedemontabile – din platbande sudate (fig. 122, *b*).

Ambele variante se execută din secțiuni separate care să permită introducerea și scoaterea acestor secțiuni de grătare prin gurile de vizitare.

Secțiunile grătarelor se montează pe grinzi de sprijin executate din oțel cornier, profil U, I sau din alte laminate.

Distanța dintre barele grătarelor trebuie să fie de cel mult 0,6 pînă la 0,7 din diametrul corpurilor de umplutură.

Cînd corpurile de umplutură sînt mici se procedează la așezarea pe grătar a două rînduri de umplutură de inele cu dimensiune mare la care să nu existe pericolul de a cădea printre barele grătarului și deasupra se introduce în vrac umplutură cu dimensiunile optime cerute de procesul tehnologic.

c. Instalații de stropire

Funcționarea corectă a aparatelor cu umplutură depinde foarte mult de funcționarea uniformă a instalațiilor de stropire. Stropitorul aparatelor cu umplutură trebuie să asigure o distribuție uniformă a lichidului asupra umpluturii, să nu se înfunde în timpul funcționării, să nu pulverizeze prea mult lichidul (în caz contrar este necesar un consum mare de lichid) și să nu necesite o presiune prea mare pentru a funcționa.

Cele mai utilizate tipuri de stropitoare sînt următoarele : plăci de distribuție, jgheaburi de distribuție, păianjeni, stropitoare cu presiune, stropitoare deflectoare și stropitoare centrifuge. Primele trei tipuri de stropitoare functionează pe principiul deversării și cu toată simplitatea lor, asigură o distribuție uniformă a lichidului pe secțiunea aparatului.

Plăcile de distribuție (fig. 123) constau dintr-un taler, în care sînt sudate sau mandrinate ștuțuri. Capetele ștuțurilor trebuie să se găsească în același plan. Placa se sprijină pe trei șuruburi care permit reglarea orizontalității ei. Diametrul minim al ștuțurilor este de 50 mm pentru a evita pericolul de înfundare. Ștuțurile se amplasează în plăcile de distribuție în vîrfurile triunghiurilor echilaterale. Lichidul deversează peste marginile ștuțurilor și curge peste umplutură.

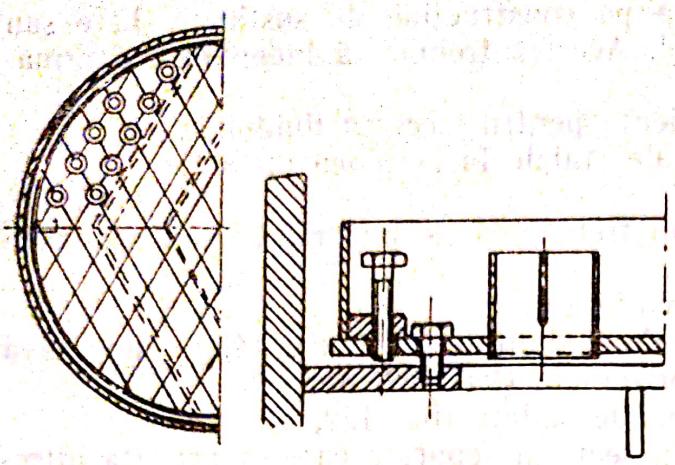


Fig. 123. Placă de distribuție.

Curgerea lichidului prin cădere peste umplutură permite o bună distribuție a lui pe secțiunea aparatului.

În ștuțuri pot fi frezate 2—3 fante prin care va curge lichidul. O asemenea construcție este mai puțin sensibilă la o oarecare înclinare a talerului față de orizontală.

d. Instalațiile pentru intrarea și ieșirea gazului și lichidului

Se compun din țevi orizontale care au capetele pentru intrarea gazului introduse în interiorul aparatelor și tăiate înclinat față de axă (fig. 124, *a*) sau prevăzute cu o degajare în partea de jos (fig. 124, *b*).

Ștuțurile (talerelor) plăcilor de distribuție se acoperă cu capace.

Instalațiile pentru ieșirea lichidului trebuie să permită îndepărtarea întregii cantități de lichid și o secțiune perfectă a spațiului interior al aparatului față de atmosferă. Aceste instalații trebuie să permită curățirea fără oprire a aparatului.

Un mod simplu și eficace pentru îndepărtarea lichidului din aparate este utilizarea închizătoarelor hidraulice.

2. Echipamentul interior al coloanelor cu barbotare

a. Talerele cu clopote

Talerele cu clopote (fig 125) se compun din mai multe elemente printre care se deosebesc:

— capacul în formă de clopc;

– talerele (sau discurile) cu ştuţuri ;

– oţelul cornier sau placa de sprijin pentru susţinerea talerelor.

Capacul în formă de clopot. Construcţia capacelor se stabileşte în funcţie de proprietăţile materialului, de cerinţele exploatării, de condiţiile de execuţie.

Capacele sînt de formă rotundă şi prevăzute cu orificii alungite (fig. 126, *b* şi *c*) sau dinţi (fig. 126, *a* şi *d*). Orificiile au forme alungite cu lăţimea de 3 pînă la 10 mm şi înălţimea pînă la 25 mm. Dinţii au de cele mai multe ori o formă triunghiulară cu înălţimea de 30 la 35 mm. Vîrfurile dinţilor se rotunjesc pentru a nu cauza traumatisme la montaj.

Fixarea capacelor poate fi demontabilă sau nedemontabilă. Fixarea nedemontabilă se obţine prin intermediul sudării (fig. 126, *a*) lipirii sau nituirii. Avantajul capacelor nedemontabile îl constituie simplitatea şi costul mic, iar dezavantajul — imposibilitatea reglării capacului pe înălţime şi necesitatea înlocuirii talerului în cazul distrugerii clopotului ca urmare a coroziunii. Fixarea nedemontabilă a capacelor se poate aplica la coloanele nedemontabile care prelucrează lichide şi gaze pure, complet pasive şi care nu degajă nici un fel de precipitaţii.

Talerele cu ştuţuri pe care se montează clopoţeii, se execută fie din fontă cu ştuţurile tur-

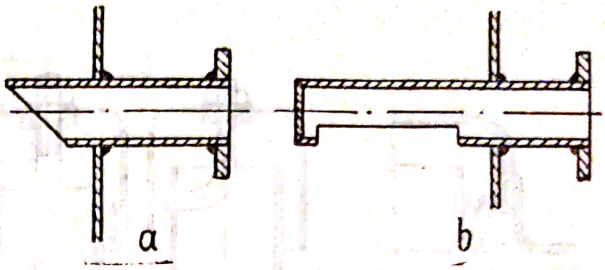


Fig. 124. Protecţia ţevilor de gaze împotriva intrării lichidului.

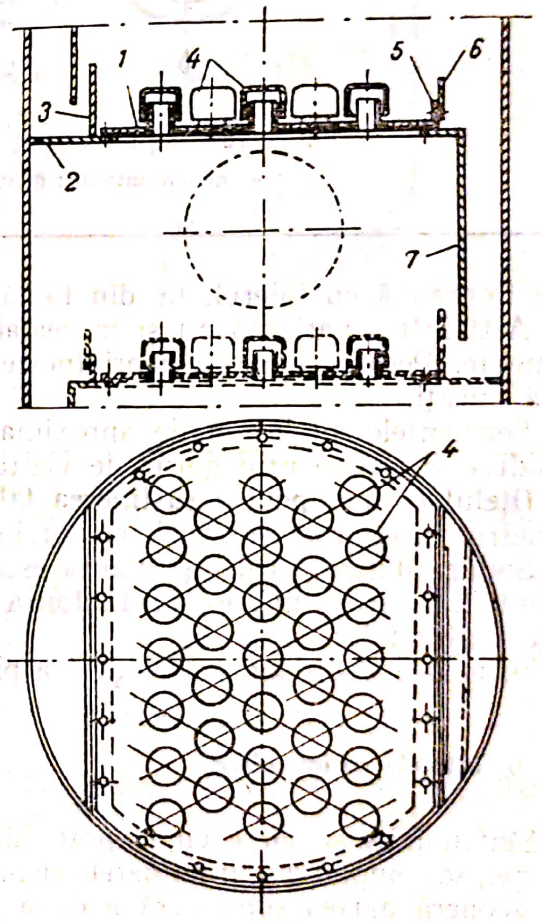


Fig. 125. Taler cu clopote :

1 — disc ; 2 — placă de sprijin ; 3 — prag de intrare ; 4 — clopote ; 5 — prag de scurgere ; 6 — placă demontabilă ; 7 — perete despărţitor.

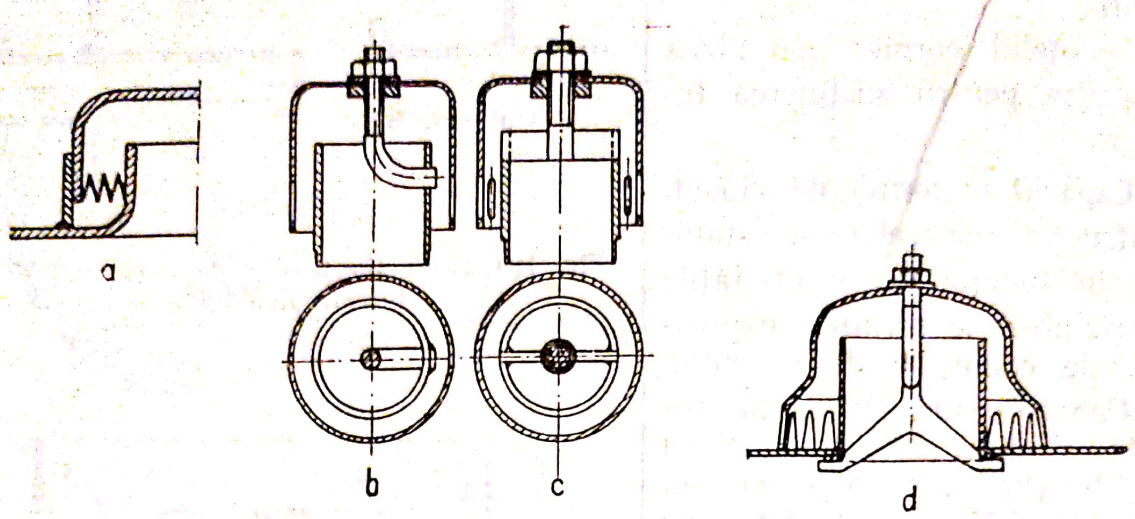


Fig. 126. Tipuri de capace în formă de clopot :
a — nedemontabil ; *b*, *c* și *d* — demontabile.

nate împreună cu talerul, fie din tablă de oțel, cu ștuțurile sudate de taler.

Atît într-o variantă cît și în cealaltă, talerul se compune din mai multe segmente. Pentru diametre mari (peste 3 m) segmentele se pot executa din două bucăți.

Segmentele au lățimi de aproximativ 500 mm, astfel încît să poată fi introduse și scoase prin gurile de vizitare.

Oțelul cornier pentru susținerea talerelor se realizează prin vălțuire după diametrul interior al coloanei, cu un joc de 5 pînă la 10 mm.

Sudura dintre cornier și manta este continuă la partea superioară și întreruptă la partea inferioară. Distanța între corniere va fi egală cu distanța dintre talere.

În locul cornierelor se pot utiliza plăci de sprijin sudate de manta.

b. Talerele cu jgheaburi

Sînt numite și talere cu clopote alungite sau talere cu clopote în formă de tunel, se compun din următoarele elemente (fig. 127, *a*): clopotele alungite *1*, care acoperă partea superioară a două jgheaburi *2* și sînt fixate prin șuruburile prizoniere *3*, pragul de deversare *4* și țevile de preaplin *5*.

Clopotele și jgheaburile se execută prin ambutisare din oțel carbon sau oțel inoxidabil.

Aceste talere sînt mai avantajoase decît cele cu clopote deoarece au o greutate mai mică și etanșarea este mai simplu de realizat.

Se montează la o distanță de 400 pînă la 700 mm unul de altul.

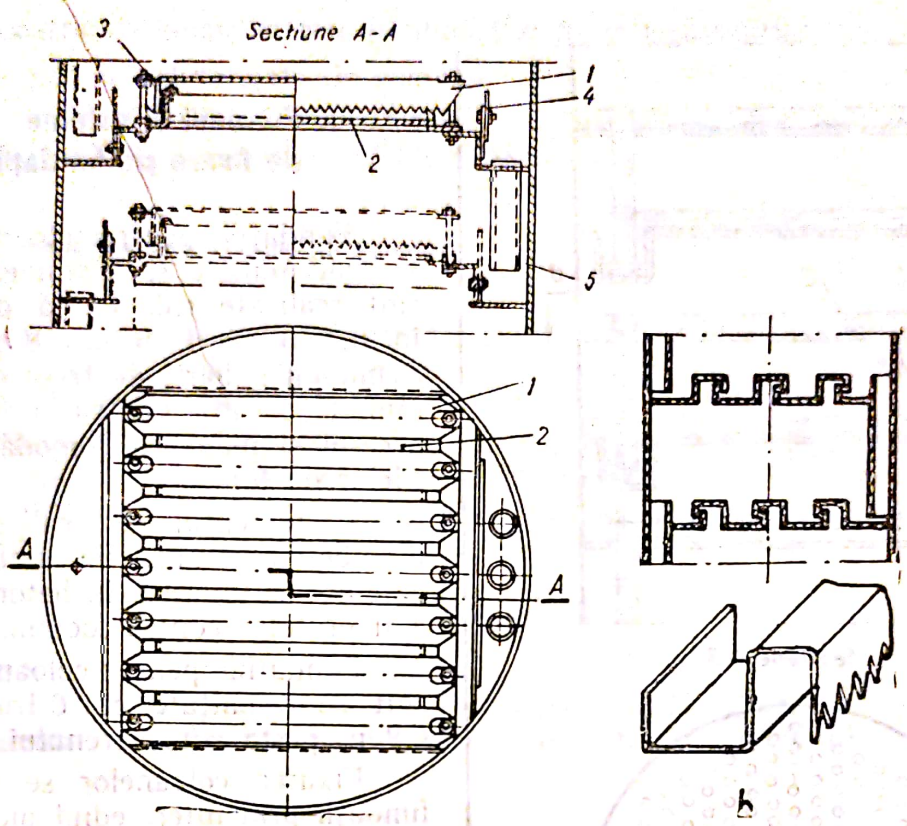


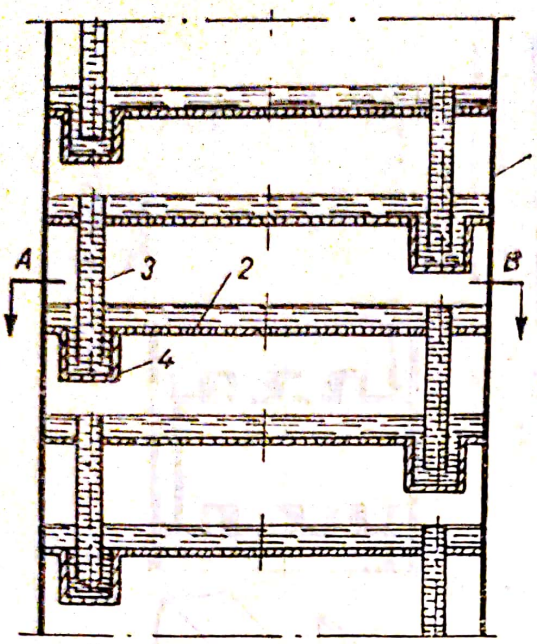
Fig. 127. Talere cu jgheaburi.

În ultimul timp se folosește o nouă construcție de talere cu jgheaburi (fig. 127, *b*). Aceste talere sînt constituite din elemente în formă de *S*, care sînt ștanțate din tablă de oțel inoxidabil de 3 mm. Elementele se asamblează cu ajutorul unor plăci frontale. Ștanțarea imprimă acestor elemente o astfel de rigiditate, încît la montarea coloanelor cu diametrul pînă la 3 metri nu sînt necesare nici un fel de nervuri ; la coloanele cu diametrul pînă la 6 m se prevede o singură nervură de diametrul coloanei respective perpendicular pe elementele în formă de *S*.

Talerele cu elemente în formă de *S* sînt mai ușoare decît talerele cu jgheaburi sau cu clopote și au o construcție mult mai ușor de realizat.

c. Talerul cu sită

Talerul cu sită (fig. 128) este format dintr-o tablă de oțel *2* în care sînt practicate un număr mare de orificii cu diametrul de 3 pînă la 6 mm (sită), o țeavă de preaplin *3* pentru scurgerea lichidului și un pahar *4* ce are rolul de a închide hidraulic scurgerea lichidului.



Secțiune A-B

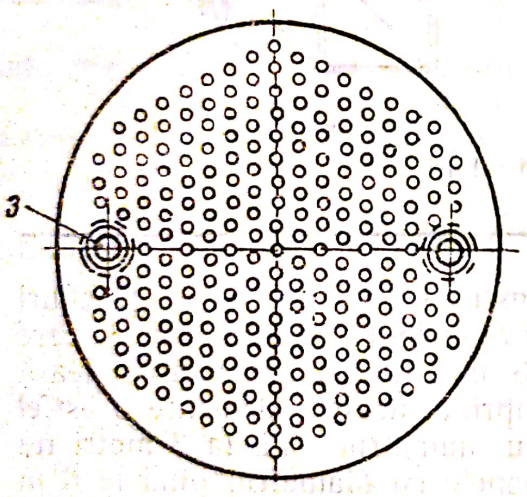


Fig. 128. Schemă a unei coloane cu talere în formă de sită:
1 — corp; 2 — taler în formă de sită; 3 — țeavă de preaplin; 4 — pahar.

3. Fundații și sisteme de fixare pe fundații

Fundațiile pentru coloanele mari se mai numesc și postamente. Ele sînt realizate sub formă de cadre în spațiu cu 4, 6 sau 8 picioare, avînd un gabarit de trecere de minimum 2 m, pentru a permite accesul și manevra comodă a ventilelor de fund.

Postamentul se realizează fie din beton armat, fie metalic, în care caz se îmbracă în beton pentru a fi protejat contra focului.

Fundațiile pentru coloanele mici sînt supraînălțate cu 0,1 pînă la 0,2 m peste cota terenului.

Fixarea coloanelor se face pe fundații prin intermediul picioarelor cilindrice (fig. 118) în cazul coloanelor mari sau cu suporturi laterale (pinteni), (fig. 119, *a*) pentru coloane cu diametru mediu de 1 pînă la 2,5 m și înălțimi de 6 pînă la 16 m.

4. Podețele și construcțiile metalice ale coloanelor

Podețele sînt amenajările exterioare care permit accesul și deservirea gurilor de vizitare, organelor de obturare, aparatelor de control, aparatelor regulatoare, înregistratoare etc.

Accesul la podețe se face prin scări cu trepte înclinate sub un unghi de maximum 60°.

La toate organele a căror deservire se face numai ocazional, accesul se poate face și prin intermediul scărilor pisică.

Scanned with OKEN Scanner

Constructiv podețele pot fi împărțite în trei categorii:

- podețe solidarizate de coloană;
- podețe-construcții independente;
- podețe-construcții metalice mixte.

a. Podețele solidarizate de coloană

Acestea sînt folosite pentru deservirea vîrfului coloanei în general, sau constituie unicul tip de podețe pentru coloane izolate. În totalitatea cazurilor sînt deservite de scări pisică cu gabarit de trecere chiar prin podeț.

Solidarizarea lor de coloană se face prin sudura completă a consolelor de coloană sau cel mai adesea montate în șuruburi de gusee sudate de coloană.

Greutatea podețelor este de 65 pînă la 80 kgf/m, lungimea podețului calculîndu-se ca lungimea unui cerc de diametru:

$$d_m = d + 800 \text{ mm},$$

unde d este diametrul coloanei.

Greutatea scărilor pisică este de 20 pînă la 25 kgf/m.

Greutatea podețelor de vîrf este de 60 pînă la 70 kgf/m².

b. Podețele independente

Sînt utilizate pentru a deservi un complex de coloane. Se realizează în cadrul unei construcții metalice independente, din cadre, grinzi cu zăbrele în spațiu, panouri.

Constructiv se realizează panouri sudate care se asamblează între ele la montaj prin șuruburi. Panourile sudate sînt de dimensiuni relativ mari care însă pot fi transportate cu mijloace auto sau pe calea ferată.

Podețele independente sînt deservite de scări cu trepte înclinate.

c. Podețele construcții metalice mixte

Pe 1/3 pînă la 1/2 din înălțimea superioară a coloanei se realizează o construcție compusă din podețe circulare solidarizate de coloană, iar la partea inferioară, o construcție independentă de tip ușor ancorată de coloană prin intermediul articulațiilor.

Podețele circulare (de la partea superioară) sînt deservite de scară pisică, iar podețele construcție mixtă de la partea inferioară sînt deservite de scări cu trepte înclinate.

5. Dispozitive de ridicare

Coloanele, în special cele montate izolat sînt prevăzute cu sisteme proprii de ridicare numite în general *dispozitive de ridicare.*

Aceste dispozitive servesc la ridicarea pe timpul reviziilor a pieselor de schimb necesare amenajărilor interne, precum și a sculelor.

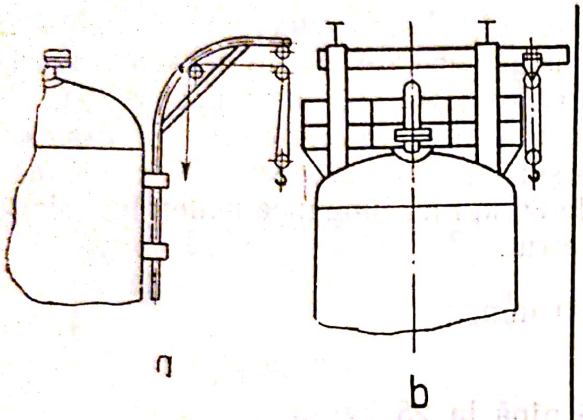


Fig. 129. Dispozitiv de ridicare.

Deoarece trebuie să deservească în primul rînd gurile de vizitare, se montează în dreptul generatoarei sau bisectoarei generatoarelor pe care sînt așezate gurile de vizitare.

Dispozitivele de ridicare montate pe coloane sînt :

— de tip ușor, rotitor (fig. 129, *a*) constînd dintr-un braț curbat ce poate pivota în jurul a două lagăre și de care sînt fixați scripeți în jurul cărora se înfășoară cablul de ridicare;

— de tip greu, cu pisică mobilă (fig. 129, *b*). Acesta constă din două cadre din profile legate între ele la partea superioară printr-un profil I ce are rol de șină de rulare. Șina se prelungește în afara podețului și pe ea culisează pisica mobilă de care este fixat scripetele.

6. Conducte de vapori pe coloane

Coloanele care lucrează cu vapori la temperaturi înalte (de fracționare și vacuum) au montate la partea superioară conducte de vapori de 400 la 600 mm. Conductele de vapori au capătul superior solidar legat de coloană care se dilată sub acțiunea căldurii, iar capătul inferior ancorat prin flanșe rigide de colectorul condensatoarelor. Din aceste cauze conductele de vapori au forma gîtului de lebădă și pot lucra ca un compensator tubular pentru prelucrarea dilatărilor.

I. SUPAPE ȘI DISCURI DE SIGURANȚĂ

Asigurarea funcționării fără pericol a instalațiilor mecanice sub presiune se face prin dotarea lor, în afară de dispozitivele de control, cu dispozitive de siguranță.

Se folosesc ca dispozitive de siguranță supapele de siguranță și membranele sau discurile de siguranță.

1. Supape de siguranță

Supapele de siguranță protejează recipientele sub presiune împotriva depășirii presiunii pentru care acestea au fost dimensionate. Ele se compun dintr-un element de închidere, de obicei un ventil cu scaun și un mecanism de menținere a organului de închidere în poziția închis. Ele trebuie să corespundă următoarelor condiții :

– să se deschidă la atingerea presiunii pentru care este calculată instalația, și care este egală cu presiunea de reglare a supapei de siguranță și să evacueze o parte din mediul de presiune, astfel încît presiunea din instalație să nu depășească limitele admise ;

– să se închidă etanș la scăderea presiunii sub valoarea presiunii de reglare ;

– să fie închise etanș la presiunea de lucru a aparatului, presiune care este mai mică decît presiunea maximă admisă ;

– valorile presiunilor de deschidere și închidere să rămînă constante în timp ;

– să prezinte securitate în exploatare, să nu se deregleze cu ușurință și să nu aibă nevoie de întreținere.

a. Tipuri de supape de siguranță

După modul de încărcare a organului de închidere se deosebesc :
– supape de siguranță cu contragreutate (fig. 130, *a*) ;
– supape de siguranță cu arc (fig. 130, *b* și *c*).
După construcția corpului se clasifică în :
– supape de siguranță de tip deschis (fig. 130, *a*) ;
– supape de siguranță de tip închis-neetanș (fig. 130, *b*) ;
– supape de siguranță de tip închis-etanș (fig. 130, *c*).
Aceste tipuri de supape sînt cu cursă mică.

b. Funcționarea supapelor de siguranță

Asupra ventilului supapei de siguranță acționează următoarele forțe :
– forța de încărcare (de închidere) produsă de contragreutate sau arc. Este singura forță ce acționează cînd în recipient nu este presiune ;

Scanned with OKEN Scanner

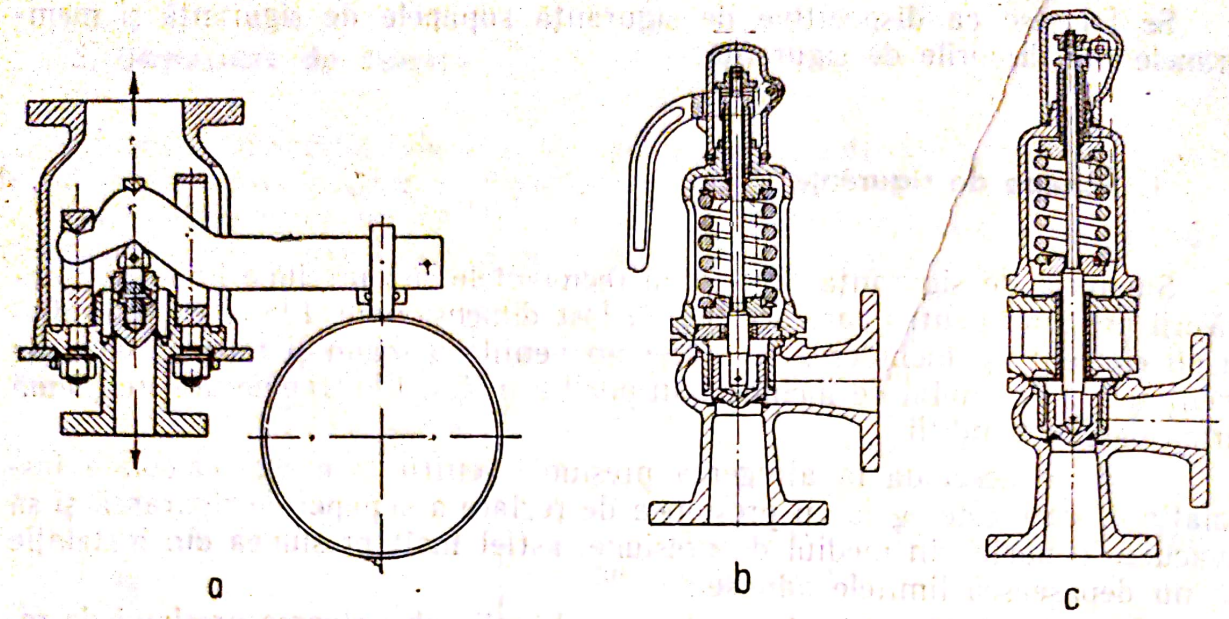


Fig. 130. Supape de siguranță.

– forța de presiune din aparat tinde să deschidă supapa.

Forța de închidere care este maximă cînd în instalație nu este presiune, scade pe măsură ce presiunea crește, ajungînd la valoarea zero cînd presiunea din instalație atinge valoarea presiunii de reglare a supapei de siguranță. Dacă presiunea crește mai mult, echilibrul se strică și ventilul începe să se ridice de pe scaun.

Supapele de siguranță de tip deschis se folosesc numai pentru diametre nominale mici. Cele de tip închis se folosesc totdeauna cînd trebuie evacuate cantități mari de fluid și cînd există pericol de accidentare a personalului de deservire.

c. Calculul debitului supapei de siguranță

Debitul supapei de siguranță se determină cu formula:

$$q=220\ A\ (p_n+1)\sqrt{\frac{M}{T}} \qquad [kgf/h] \qquad (139)$$

în care:

q este debitul supapei, în kgf/h;

A – secțiunea de trecere a supapei, în cm²;

$$A=2{,}2\ d\cdot h$$

h este înălțimea de ridicare a ventilului, în cm;
d – diametrul interior al scaunului ventilului, în cm;
p_n – presiunea nominală a recipientului, în kgf/cm²;
M – greutatea moleculară a fluidului;
T – temperatura absolută a fluidului, în °K;
($T°K = 273° + t°C$).

d. Dimensiuni și materiale

Supapele de siguranță se folosesc pentru presiuni de 6, 16 și 25 kgf/cm², respectiv pentru diametre nominale de 100, 70 și 50 mm. Sînt executate din fontă, avînd scaunul și ventilul din bronz sau oțel inoxidabil și se pot folosi pentru temperaturi pînă la 300°C.

Pentru temperaturi pînă la 425°C se utilizează oțelul turnat, iar peste 425°C, oțeluri aliate.

e. Montarea supapelor

Fiecare recipient sub presiune trebuie prevăzut cu cel puțin o supapă de siguranță. Numărul și dimensiunile supapelor de siguranță trebuie astfel alese încît să asigure evacuarea fluidului și să prevină formarea unei supra-presiuni de cel mult 15% la recipientele cu presiunea nominală sub 60 kgf/cm² și cel mult 10% pentru recipientele cu presiuni peste 60 kgf/cm².

Supapele de siguranță se montează direct pe recipiente pe cît posibil în partea superioară, în așa fel încît să fie ușor accesibile; ele trebuie să fie protejate contra înfundării sau degradării de către fluidul recipientului.

Cînd datorită construcției recipientului sau a fluidului nu este permisă montarea directă a supapelor de siguranță, ele pot fi montate pe un racord special sau pe conducte de alimentare, cu condiția ca pe porțiunea dintre supapă și recipient să nu se monteze vreun organ de închidere.

În vederea verificării bunei funcționări, supapele cu arc sînt prevăzute cu cîte un dispozitiv care să permită deschiderea forțată a supapei în timpul funcționării recipientului.

Recipientele care conțin fluide toxice sau inflamabile se prevăd cu conducte de evacuare, care să nu permită pătrunderea gazelor sau vaporilor în camera de lucru; gazele vor fi filtrate, neutralizate sau supuse altor procedee pentru a fi făcute inofensive înainte de ieșirea lor din conducta de evacuare.

Scanned with OKEN Scanner

2. Discuri de siguranță

În cazul suprapresiunilor accidentale, protecția pe care o oferă supapele de siguranță este numai parțială, dacă suprapresiunea apare brusc, ca în cazul exploziilor sau se datorește unor reacții puternic exoterme. Organul de siguranță trebuie să funcționeze rapid. Supapele cu contragreutate au inerție mare și nu corespund cerințelor, iar cele cu arc prezintă pericolul de a nu asigura o bună etanșare în cazul mediilor corosive.

Discurile sau membranele de siguranță sînt rondele subțiri solicitate la întindere (fig. 131).

Grosimea membranei se stabilește astfel ca să se rupă la 1,1 ori presiunea nominală a aparatului.

Fiecare membrană se probează la presiunea de regim ; cîteva membrane din lot se încearcă pînă la rupere.

Materialul din care se execută membrana trebuie să fie stabil față de coroziune și să asigure valori de rupere egale la un întreg lot, ceea ce impune uniformitate deplină a caracteristicilor mecanice. Din această cauză se preferă metale nealiate, tehnic pure.

Membranele de siguranță trebuie montate astfel încît să fie ferite de lovituri și să fie asigurate contra unei înlocuiri neautorizate prin sigilarea flanșelor la montare.

În conductele de evacuare, care urmează membranei, se intercalează un grătar pentru a reține schijele ce rezultă eventual la rupere.

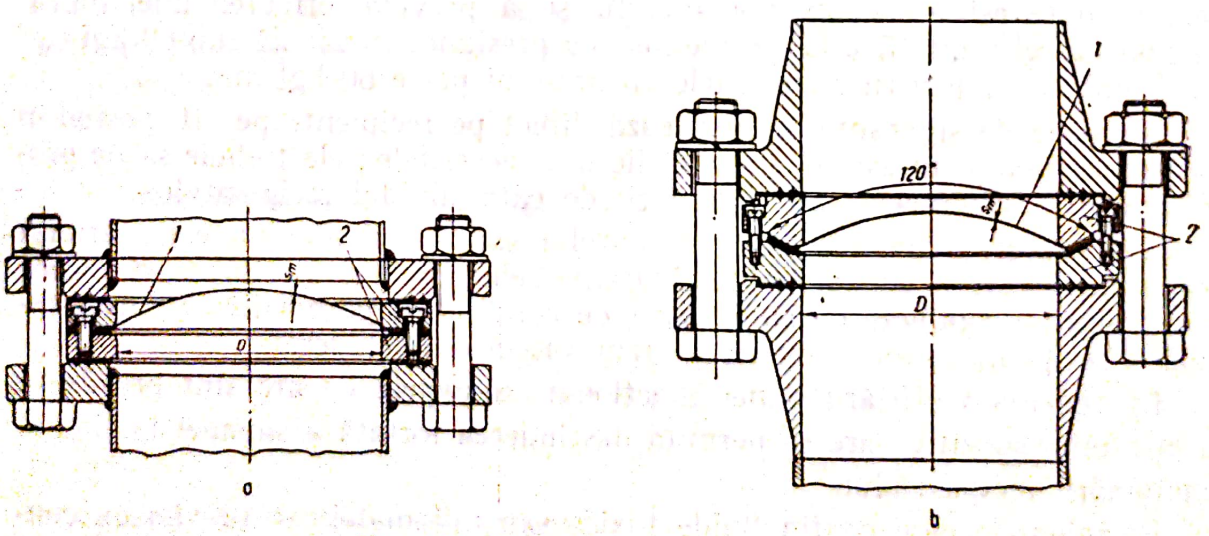


Fig. 131. Membrane de siguranță :
a — pentru presiuni nominale sub 25 kgf/cm² ; *b* — pentru presiuni nominale de 40 kgf/cm² ; *1* — membrană ; *2* — montura.

Întrebări recapitulative

1. Cum își pierd stabilitatea mantalele sub acțiunea presiunii exterioare ?
2. Cum se dimensionează mantalele (lungi sau scurte) supuse presiunii exterioare ?
3. Cum se face calculul inelelor de rigidizare ?
4. Ce tipuri de funduri cunoașteți ?
5. Cum se dimensionează fundurile elipsoidale ? Dar cele conice ? Dar capacele plane ?
6. Care este rolul funcțional și criteriul de clasificare a gurilor de vizitare ?
7. Care este rolul funcțional al ferestrelor de observație ?
8. Ce tipuri constructive de suporturi pentru aparate cilindrice orizontale cunoașteți ?
9. Cum se face calculul eforturilor încovoietoare maxime ?
10. Care sînt tipurile de suporturi pentru aparate cilindrice verticale ?
11. Din ce se compune echipamentul coloanelor cu umplutură ?
12. Care sînt elementele principale ale talerelor cu clopoței ? Dar cu jghiaburi ?
13. Ce tipuri de podețe pentru coloane cunoașteți ? Prin ce se caracterizează ?
14. Ce sînt supapele de siguranță și cum funcționează ele ?

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul V TIPURI REPREZENTATIVE DE APARATE TIP COLOANA

A. EVAPORATOARE

1. Generalităţi

Evaporatoarele sînt aparate în care se realizează evaporarea unui lichid, în vederea concentrării unei soluţii, prin îndepărtarea unei părţi din solvent.

Evaporarea se realizează în industria chimică şi în rafinării prin două procedee principale:

— *evaporare cu simplu efect*, care necesită un singur evaporator, vaporii rezultaţi denumiţi şi *abur secundar*, fiind evacuaţi în atmosferă, fără a li se da vreo utilizare;

— *evaporare cu efect multiplu*, în care aburul secundar format în primul evaporator este folosit ca purtător de căldură pentru încălzirea soluţiei lichide aflate în evaporatorul următor.

2. Clasificarea şi deservirea evaporatoarelor

a. Evaporatoarele încălzite cu căldură solară

Au suprafaţă mare şi liberă pe care se află un strat subţire de soluţie. Se folosesc în zonele calde pentru obţinerea sării din apa de mare.

b. Evaporatoarele încălzite cu foc direct

Constau din turnuri goale în care pe la partea superioară se pulverizează soluţia ce trebuie concentrată iar pe la partea inferioară intră gazele arse ce vin de la un cuptor alăturat. Gazele arse cu temperatura de 300 pînă la 400°C

Scanned with OKEN Scanner

pătrund în curent ascendent în turn și antrenează vaporii de soluție. Soluția concentrată se scurge printr-un racord la fundul turnului.

c. Evaporatoare încălzite prin intermediul mantalelor sau al serpentinelor

Evaporatoarele cu manta se folosesc pentru evaporarea soluțiilor foarte vîscoase. Aparatul este foarte simplu. Are dezavantajul că încălzirea este neuniformă. Pentru o mai bună amestecare a soluției, uneori se folosesc dispozitive de amestecare.

Evaporatoarele cu serpentină (fig. 132) asigură o încălzire mai uniformă și deci o eficiență mai bună. Prezintă dezavantajul unei curățări dificile a depunerilor de crustă pe suprafața exterioară a țevilor.

d. Evaporatoare cu fascicule tubulare

Evaporatoarele orizontale se construiesc în două variante:

— *soluția stă în spațiul intertubular.* Acest tip de evaporator constă dintr-un recipient cilindric orizontal, în care la partea inferioară se află un fascicul tubular cufundat în soluția de concentrat, iar la partea superioară un separator de picături (fig. 133, *a*). Aburul ciculă prin țevi încălzind soluția.

Prezintă dezavantajul că soluția de concentrat nu circulă, iar în cazul soluțiilor vîscoase scurgerea acestora este dificilă. Se utilizează numai pentru soluții diluate.

Se utilizează și aparate de evaporare verticale cu camera de încălzire tubulară orizontală.

— *Soluția circulă în spațiul tubular.* Evaporatorul din acest tip este constituit dintr-un schimbător de căldură tubular cu un număr impar de treceri (fig. 133, *b*). Soluția diluată intră sub presiune prin racordul *3* în spațiul tubular încălzit la exterior, unde are loc evaporarea solventului. Soluția concentrată împreună cu aburul secundar trece în compartimentul în care se află șicanele *8*, unde se separă. Soluția concentrată iese prin racordul *4*, iar aburul secundar prin racordul *7* de la partea superioară.

Aburul de încălzire intră pe la partea superioară a spațiului intertubular prin racordul *5* și iese sub formă de condensat prin racordul *6*.

Se utilizează în industria chimică și în rafinării pentru evaporarea soluțiilor care produc spumă.

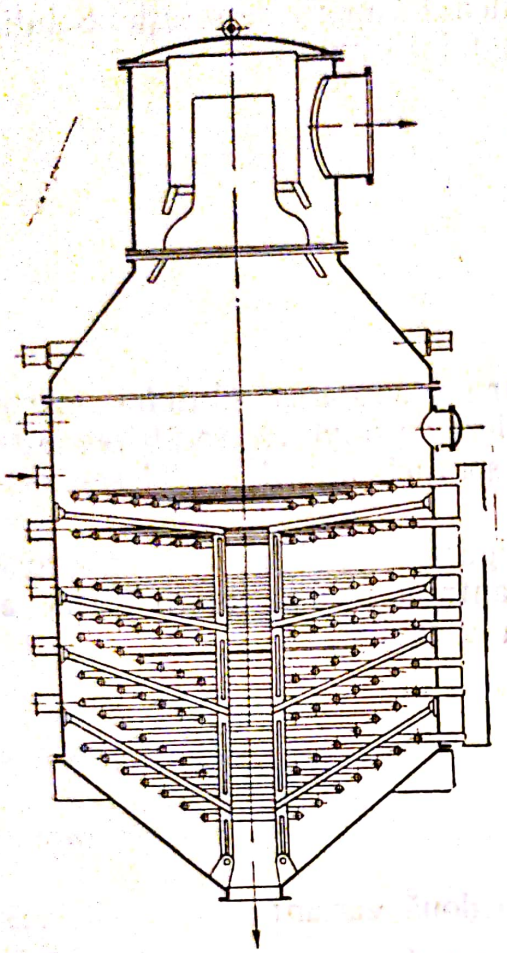
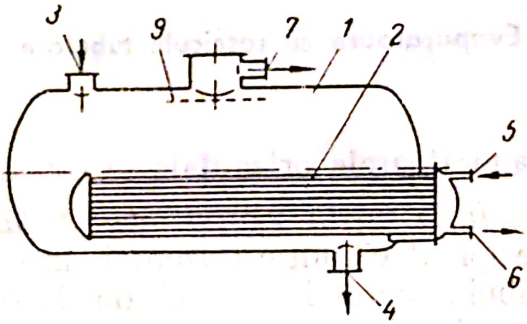


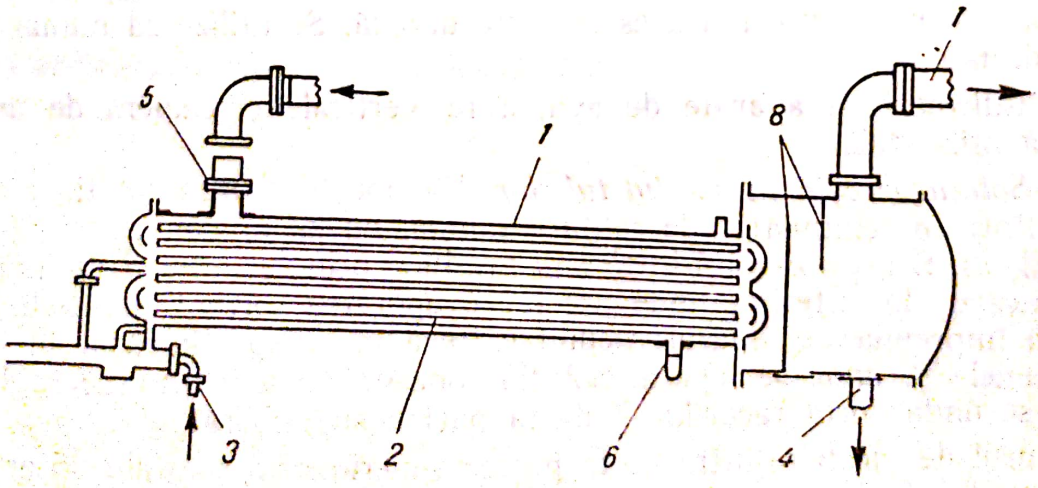
Fig. 132. Evaporator cu serpentină.

Fig. 133. Evaporatoare orizontale :

a — cu fascicul tubular orizontal ; *b* — cu țevi orizontale ; *1* — corp cilindric ; *2* — fascicul de țevi ; *3* — racord de alimentare ; *4* — racord de golire ; *5* — intrare abur ; *6* — ieșire condensat ; *7* — evacuare abur secundar ; *8* — șicane ; *9* — deflector.



a



b

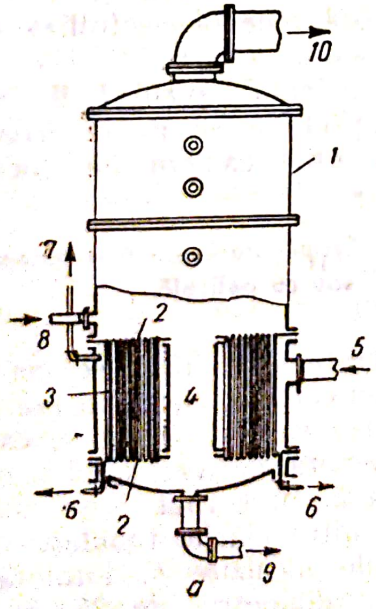
Scanned with OKEN Scanner

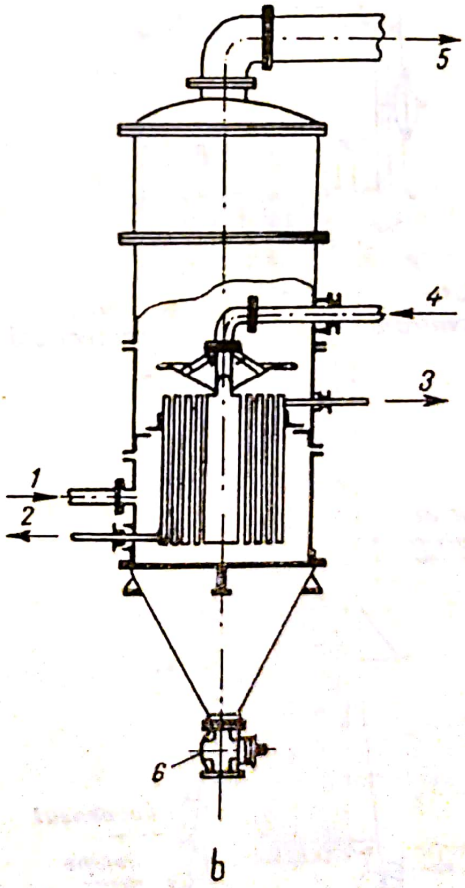
Evaporatoarele verticale cu ţevi sînt cele mai des utilizate şi dintre acestea se întîlnesc următoarele tipuri constructive :

Evaporatorul vertical cu tub central de circulaţie (fig. 134, *a*) este constituit dintr-un corp cilindric vertical *1*, prevăzut la partea inferioară cu un fascicul de ţevi *3*, de dimetru mic (25 pînă la 40 mm şi lung de 0,6 pînă la 2 m), fixat între două plăci tubulare *2*, avînd tubul central *4* cu un diametru mult mai mare (minim 300 mm).

Prin racordul *8* pătrunde soluţia diluată în evaporator şi apoi cade la partea inferioară prin tubul central. Soluţia ce pătrunde în ţevile de diametru mic, datorită încălzirii începe să se evapore şi se ridică prin spaţiul tubular. Aburul secundar rezultat antrenează şi picături de soluţie. La placa superioară *2* aburul secundar îşi continuă drumul ascendent şi iese prin racordul *10*, iar soluţia parţial concentrată cade din nou prin tubul central. Aburul secundar după ieşirea din evaporator se trece printr-un separator de picături unde sînt reţinute particulele lichide antrenate prin evaporare. Soluţia concentrată este evacuată prin racordul *9* de la partea inferioară a evaporatorului. Încăl-

Fig. 134. Evaporatoare verticale :
a — cu tub central de circulaţie ; *b* — cu încălzitor suspendat.





zirea evaporatorului se face cu aburul primar care intră prin racordul *5*. Condensatul iese prin racordul *6*, iar aerisirea spaţiului dintre ţevi se face prin racordul *7*.

În cazul cînd pe pereţii ţevilor se depun cruste, acestea trebuie curăţate periodic pentru că prezenţa lor înrăutăţeşte schimbul de căldură, respectiv viteza de evaporare.

Acest tip de evaporator se foloseşte pentru concentrarea soluţiilor care nu formează cruste aderente şi nici spumă.

Evaporatoarele verticale cu încălzitorul suspendat (fig. 134, *b*) au camera de încălzire în interiorul evaporatorului, sprijinită pe console şi este afundată în soluţia care se concentrează.

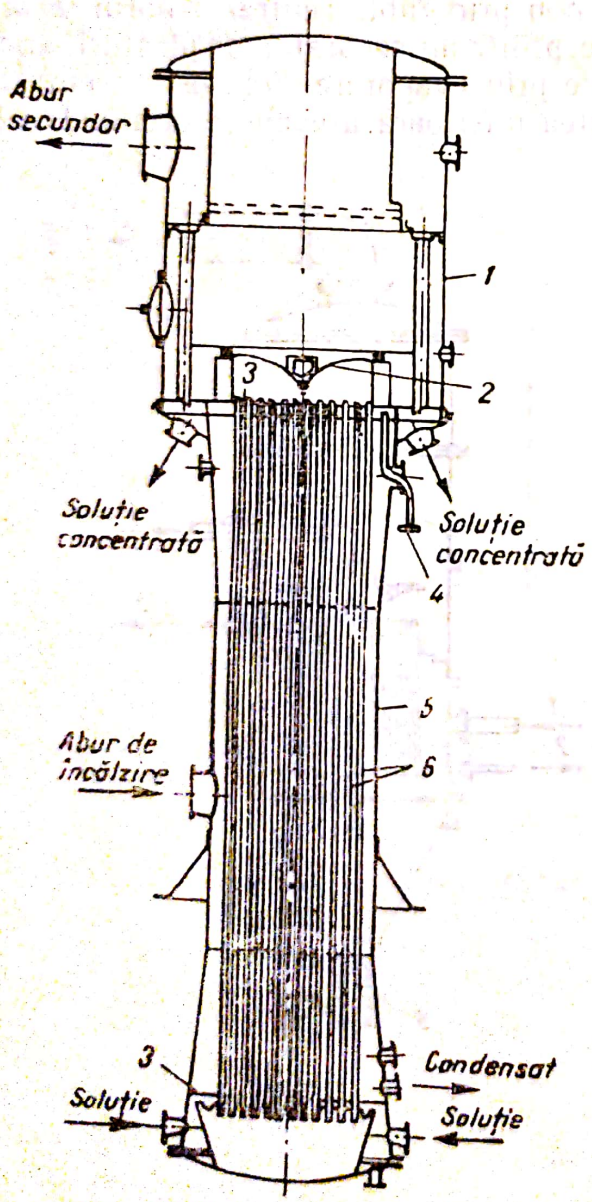


Fig. 135. Evaporator cu peliculă.

Soluţia intră prin racordul *1* şi circulă prin ţevile camerei de încălzire şi prin spaţiul inelar dintre camera de încălzire şi peretele cilindric al evaporatorului. Aburul secundar după ce lasă picăturile pe separatorul de picături, iese prin conducta *5*, iar soluţia concentrată prin racordul inferior *6*. Încălzirea se face prin aburul ce intră prin racordul *4* şi condensatul iese prin racordul *2*. Aerul din încălzitor este eliminat prin racordul *3*.

Aceste evaporatoare sînt potrivite pentru concentrarea soluţiilor care cristalizează şi a leşiilor care rezultă de la electroliza clorurii de sodiu.

Principalul avantaj îl constituie faptul că se poate scoate şi înlocui uşor camera de încălzire.

e. Evaporatorul cu film ascendent sau cu peliculă

Acesta (fig. 135) se compune dintr-un corp cu diametru mai mare la partea superioară *1*, în care se află camera de vapori. La partea inferioară, în corpul *5* se află cuprinsă între plăcile tubulare *3*, camera de încălzire *6*, formată din ţevi cu diametrul de 25–50 mm şi lungimea circa 7 000 mm. So-

uţia diluată intră pe la partea inferioară prin două ştuţuri şi după ce urcă repede prin ţevi unde se încălzeşte şi se separă aburul secundar, se loveşte de separatorul cu palete *2*, care serveşte pentru separarea picăturilor de soluţii din aburul secundar.

În partea superioară a corpului se găsesc ştuţurile pentru evacuarea soluţiei concentrate, pentru evacuarea aburului secundar, gura de vizitare, ventilul de siguranţă şi ştuţul pentru evacuarea aerului şi gazelor *4*.

Aburul de încălzire intră în camera de încălzire *6* şi condensatul se elimină prin ştuţul inferior.

La aceste evaporatoare se realizează o creştere a intensităţii de evaporare. Evaporarea soluţiei are loc într-un strat subţire de soluţie care se ridică în sus, cu o viteză mare, pe ţevile de încălzire. Suprafaţa de contact dintre lichid şi vapori este mare dar lipseşte circulaţia soluţiei. Soluţia umple în mod normal ţevile circa 20 pînă la 25% din înălţimea lor.

Aceste evaporatoare sînt folosite pentru evaporarea soluţiilor scoase şi care spumează puternic.

f. Evaporatoarele cu circulaţie forţată

Acestea se folosesc în cazul cînd trebuie să fie evaporate cantităţi mari de apă, cînd materialul din care se execută evaporatorul este scump (oţeluri inoxidabile) sau cînd trebuie împiedicată depunerea substanţelor solide pe suprafaţa activă.

Circulaţia forţată a soluţiei face să crească productivitatea de 4 pînă la 6 ori faţă de evaporatoarele obişnuite; evaporarea se produce şi la diferenţe mici de temperatură între aburul de încălzire şi soluţie şi se micşorează pericolul de depunere a crustei.

Circulaţia forţată se realizează prin introducerea unei pompe în circuitul soluţiei care este deplasată în ţevi cu o viteză de 2 pînă la 3 m/s.

Schema unui evaporator cu circulaţie forţată este reprezentată în figura 136. Evaporatorul este compus dintr-un schimbător de căldură orizontal cu două treceri *1*, o pompă centrifugă *2* de capacitate mare şi din evaporatorul propriu-zis cu separatorul de picături în interior *3*.

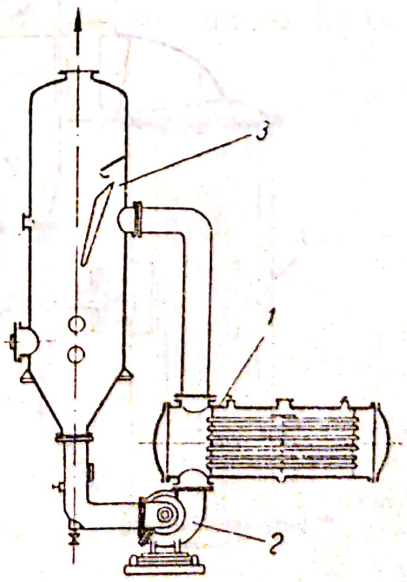


Fig. 136. Evaporator cu circulaţie forţată.

Aparatul trebuie să aibă nivelul licidului totdeauna deasupra fasciculului tubular.

Pompa va fi amplasată la un nivel mult mai jos faţă de nivelul unde începe fierberea pentru a avea o presiune hidrostatică mai mare, evitînd astfel fenomenul de cavitaţie la palete.

g. Evaporatorul cu pompă de căldură

Se foloseşte pentru încălzirea aburului secundar care are temperatura şi presiunea numai cu puţin mai mică faţă de cea a aburului primar.

Evaporatorul reprezentat în figura 137 are în exterior un separator *2* şi un ejector de abur *3*, ce are rol de pompă de căldură.

Soluţia intră pe la partea inferioară sub placa tubulară a corpului *1* şi se ridică uniform în ţevile încălzite la exterior cu abur. Soluţia se încălzeşte repede, se formează aburul secundar care o ridică în ţevi sub formă de picături. Picăturile de lichid sînt antrenate în continuare de aburul secundar în separatorul de picături *2* şi aici sub acţiunea forţei centrifuge, lichidul se separă de abur.

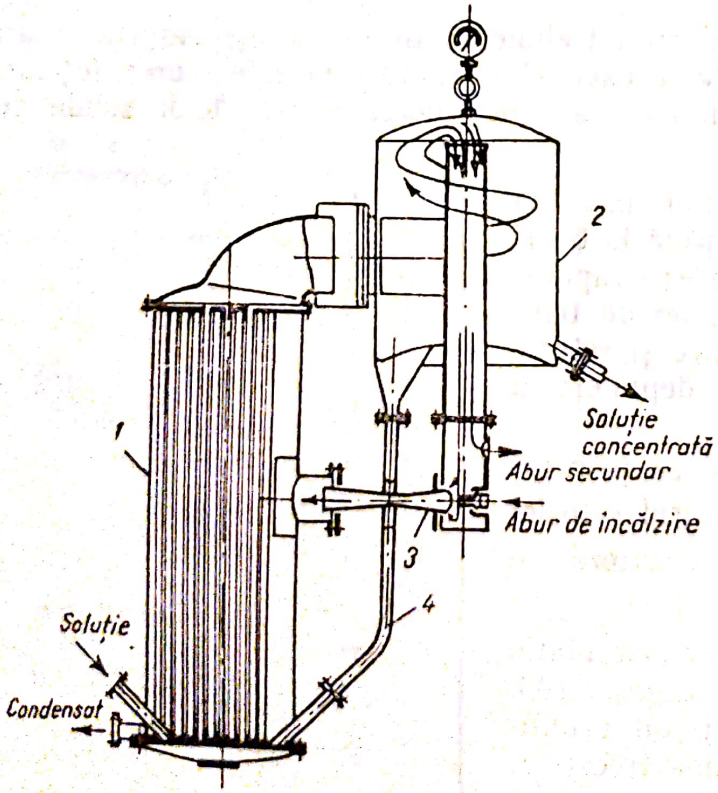


Fig. 137. Evaporator cu pompă de căldură.

Lichidul poate fi recirculat din nou în evaporator prin conducta *4* sau poate fi scos din aparat și introdus într-un alt evaporator.

Aburul secundar trece prin țeava centrală a separatorului și este aspirat parțial de ejectorul *3*.

Utilizarea aburului secundar în ejector mărește rentabilitatea procesului.

B. COLOANE DE DISTILARE ȘI RECTIFICARE

1. Noțiuni teoretice asupra distilării

Distilarea este un proces termic care constă în încălzirea unui amestec de lichide pînă la fierbere, evacuarea și apoi condensarea vaporilor formați. Produsul obținut prin condensarea vaporilor are o compoziție diferită de cea a amestecului inițial, fiind mai bogat în componenți volatili.

Separarea este posibilă numai cînd componenții au volatilități diferite, fiind cu atît mai completă cu cît presiunile de vapori ale componenților sînt mai diferite la aceeași temperatură.

Distilarea se aplică de obicei amestecurilor formate din două sau mai multe lichide care se pot dizolva între ele în orice proporție, parțial sau nu se dizolvă de loc. În timpul fierberii temperatura amestecului se schimbă iar compoziția lichidului diferă de compoziția vaporilor produși. Temperatura de fierbere a amestecului se consideră temperatura la care începe fierberea unuia dintre componenți.

2. Procedeele de distilare

a. Distilarea simplă

Aceasta constă din fierberea unei cantități de amestec lichid, eliminarea treptată a vaporilor formați urmată de condensarea acestora. Condensatul obținut reprezintă *fracțiunea ușoară*, iar reziduul rămas *fracțiunea grea*.

Acest procedeu se aplică pentru separarea amestecurilor formate dintr-o substanță ușor volatilă care conține ca impurități o substanță nevolatilă sau greu volatilă. Blazele de distilare au fost primele aparate folosite pentru distilarea primară a țițeiului.

Scanned with OKEN Scanner

b. Distilarea fracționată sau fracționarea

Aceasta se realizează prin evaporarea treptată, la temperaturi din ce în ce mai mari, a componenților în ordinea volatilității lor, urmată de condensarea succesivă, obținîndu-se fracțiuni cu compoziții din ce în ce mai bogate în componenți volatili.

Această operație este aplicată în mod curent la prelucrarea țițeiului.

c. Distilarea extractivă sau distructivă

Operația se realizează prin descompunerea termică a componenților nevolatili, cu scopul transformării lor în componenți volatili, care apoi se supun distilării obișnuite.

d. Rectificarea

Rectificarea este o distilare repetată la care fierberea amestecului de lichide și condensarea vaporilor se repetă de mai multe ori și are drept rezultat un grad de separare mai înaintat al componenților amestecului. Rectificarea poate fi continuă sau discontinuă.

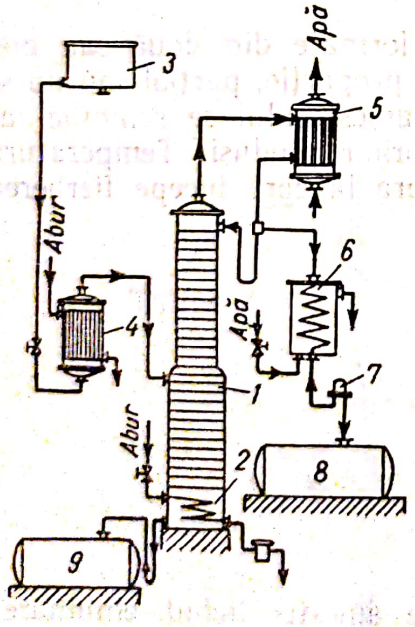


Fig. 138. Instalație de rectificare:

1 — coloană de rectificare ; *2* — fierbător ; *3* — rezervor de presiune ; *4* — preîncălzitor ; *5* — condensator ; *6* — răcitor ; *7* — lanternă de control ; *8* — rezervor pentru distilat (fracțiunea ușoară) ; *9* — reziduu (fracțiunea grea).

Rectificarea continuă se realizează în regim constant, adică la temperatură, presiune și debit constant.

Instalația de rectificare continuă (fig. 138) are ca element principal specific coloana de rectificare *1*. Amestecul lichid din rezervorul *3* trece prin preîncălzitorul *4*, își ridică temperatura, apoi ajunge pe talerele coloanei *1*, unde începe să se vaporizeze. Lichidul care prisosește curge pe talerele inferioare pînă la fierbătorul *2*, în contact cu care începe să fiarbă și vaporii componentului ușor volatil urcă prin coloană și trec în condensatorul *5*.

Distilatul obținut reprezintă fracția ușoară, iar o parte se folosește ca reflux introdus pe la capul superior al coloanei, de unde curge în contracurent cu vaporii care se ridică din fierbător prin coloană și servește la condensarea componenților grei din vapori.

Rectificarea realizează o separare mult mai avansată a componenților decît disti-

larea simplă, fapt pentru care se foloseşte cînd se urmăreşte obţinerea unor componenţi cît mai puri.

Rectificarea se realizează :

– *la presiune atmosferică* în cazul cînd amestecul care trebuie rectificat se menţine în stare lichidă la presiunea atmosferică ;

– *sub vid* în cazul amestecurilor cu punct de fierbere ridicat ;

– *la presiune ridicată*, cînd amestecul supus separării este în stare gazoasă la presiunea atmosferică.

Rectificarea discontinuă se utilizează în cazul unor cantităţi mici de amestec şi operaţia se face în şarje.

3. Coloanele de distilare şi rectificare

Aceste coloane pot fi :

– coloane cu talere şi clopote (fig. 139, *a*) sau cu talere şi jgheaburi (v. fig. 127, *a*) ;

– coloane cu talere din plăci perforate sau cu talere cu sită (v. fig. 128)

– coloane cu umplutură (fig. 140) ;

– coloane de construcţie specială.

Construcţia acestor coloane a fost studiată în capitolul precedent.

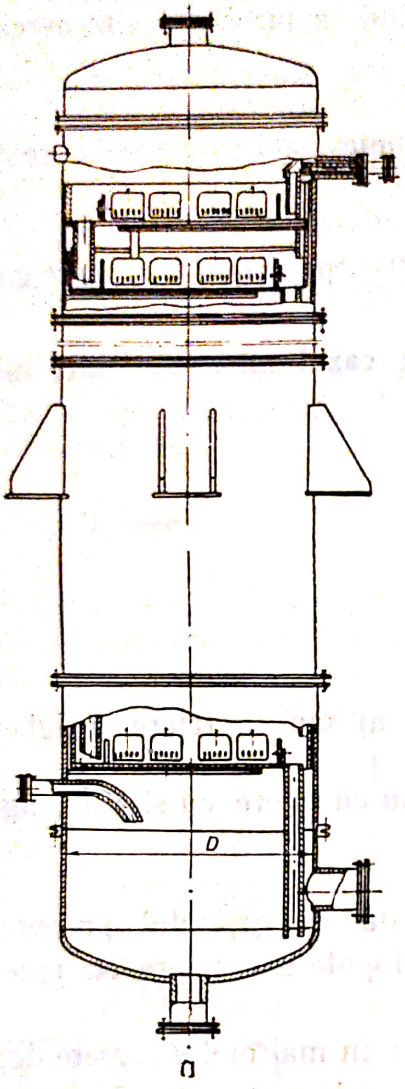
Funcţionarea coloanei avînd talere cu clopote sau talere cu jgheaburi poate fi urmărită cu ajutorul figurii 139, *b*.

Coloana cilindrică este împărţită la interior în mai multe camere de lucru prin talerele *1*. Pe fiecare taler sînt fixate un număr de ţevi *3*, prin care gazele urcă din spaţiul inferior în cel superior. Gazele sînt obligate să-şi continue drumul prin lichid pe sub crestăturile clopotelor *2*, deoarece pe talere există un strat de lichid pînă la nivelul superior al ţevii de preaplin *4*. Prin trecerea gazelor prin lichid se formează un strat de spumă şi stropi care favorizează absorbţia.

Coloanele cu talere cu site (v. fig. 128) sau cu talere perforate sînt mai simple şi constau dintr-un corp cilindric vertical *1*, cu talere orizontale *2* din table găurite sau perforate, cu un număr mare de găuri sau fante, repartizate uniform pe toată suprafaţa talerului.

Reglarea nivelului de lichid pe taler se face de către ţevile de preaplin *3* prin care se scurge lichidul absorbant, iar prin găurile din taler se ridică gazele care barbotează prin masa de lichid

Scanned with OKEN Scanner



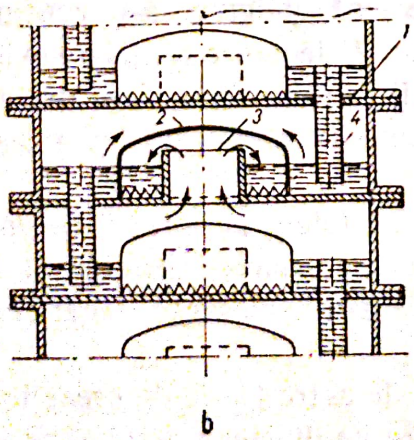


Fig. 139. Scheme de funcționare a coloanei, cu talere cu clopote.

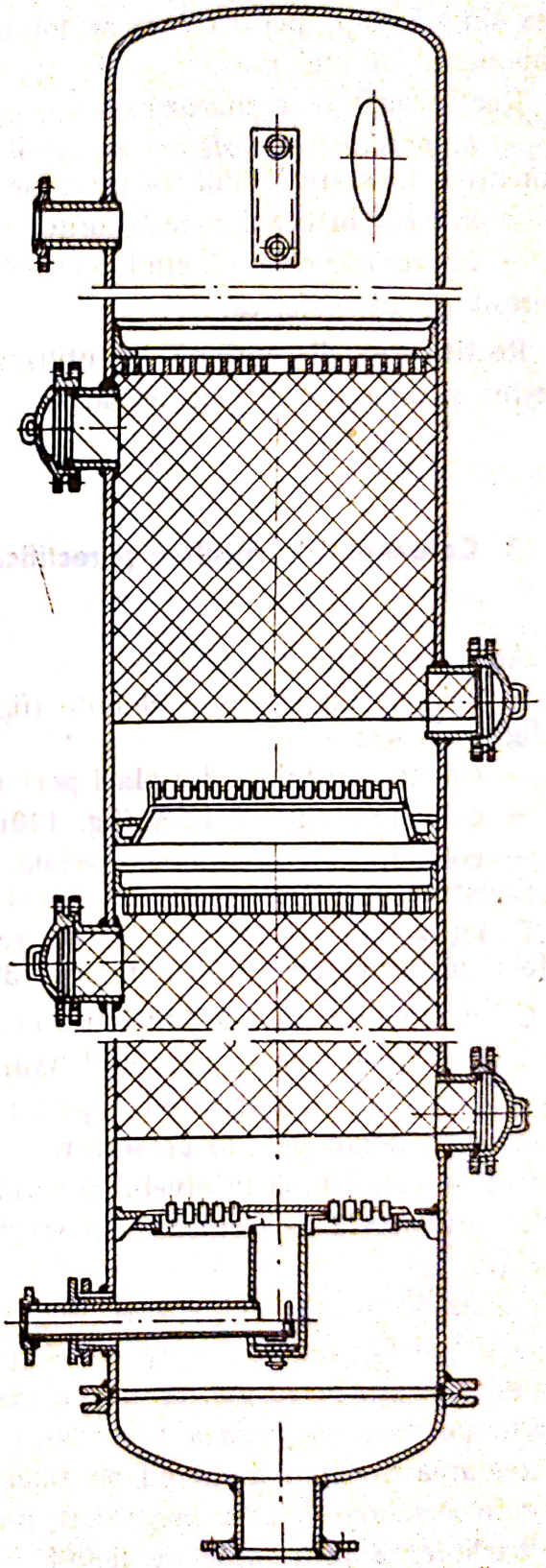


Fig. 140. Coloană cu umplutură.

Scanned with OKEN Scanner

Acest tip de coloane sînt dificil de reglat deoarece la o presiune mică a gazelor lichidul curge și prin găurile prin care se urcă gazele și absorbția scade.

C. CAMERE DE COCSARE, REACTOARE ȘI REGENERATOARE

1. Camere de cocsare

Aparatura utilizată în instalațiile de cracare termică este asemănătoare cu cea întîlnită în instalațiile de distilare primară și de vid. Ea diferă prin grosimea pereților și prin calitatea materialului din care este fabricată. Aparatura utilizată este specifică presiunilor și temperaturilor ridicate și se compune printre altele și din *camerele de cocsare*. Acestea sînt vase cilindrice din oțel, cu diametrul între 2,5 și 6 m și înălțimea de 10 pînă la 22 m (fig. 141).

De fapt sînt niște camere de reacție care asigură timpul necesar pentru cracarea completă a reziduului pînă la formarea cocsului. Camerele de cocsare au două guri de vizitare mari, montate pe funduri (sus și jos). Prin cea de jos se evacuează cocsul. Aceste camere sînt construite pentru presiuni de 2—4 kgf/cm² și temperaturi de 400 sau 450°C. Pe partea interioară a mantalei sînt sudate cîrlige, de care se agață un cablu de 20 pînă la 25 mm diametru răsucit în spirală. Controlul umplerii cu cocs se face prin cercetarea înălțimii lichidului prin prize montate la diverse înălțimi. Cocsul se evacuează prin tragerea cablului cu un troliu mecanic, care rupe cocsul. Umplerea unei camere de cocs durează 20 h. Cantitatea de cocs se verifică prin cele șase nivele. Cînd nivelul șase este cu gaze și cinci cu material negru, se schimbă materialul în camera de cocs de rezervă. Înainte de a trece materialul în camera goală, aceasta se încălzește cu abur la 100°C, apoi se trec gaze din camera plină, care o încălzesc pînă la 260—280°C. După aceea se trece reziduul în ea. Camera plină se lasă în repaus 90 min apoi se aburește 15 min pentru a face cocsul mai poros. După aburire, se introduce apă timp de 3 h și cînd temperatura în cameră a ajuns la circa 25°C, se deschid capacele și se trage cablul, care rupe cocsul, pe care îl preia o bandă rulantă și-l transportă la depozit.

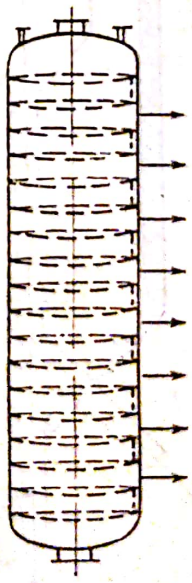


Fig. 141. Cameră de cocsare.

Un procedeu modern de golire a camerei de cocs este tăierea hidraulică.

2. Reactoare

Reactoarele sînt recipiente cilindrice construite din oțel aliat pentru presiuni și temperaturi diferite variind într-o gamă foarte largă, care asigură timpul necesar pentru desăvîrșirea reacțiilor începute în alte zone ale instalațiilor. Reglarea presiunii se face cu un ventil montat pe conducta de ieșire a materialului. Pereții camerelor de reacție sînt foarte groși (5 pînă la 8 cm).

Reactorul este prevăzut cu două guri de vizitare aplicate pe cele două fundnri (sus și jos) și cu racordurile necesare. El se montează vertical pe o fundație de beton armat și este izolat termic.

Sînt cazuri cînd reactorul are fundul conic, căptușit în interior cu cărămidă refractară. Un astfel de reactor, reprezentat în figura 142, este folosit în instalația de cracare catalitică în strat fluidizat. Racordul *1* de intrare a materiei prime și a catalizatorului este prelungit în interior cu o pîlnie *2* care ocupă 2/3 din secțiunea reactorului; pîlnia este acoperită cu o placă de sită *3* avînd ochiurile mai mari decît particulele catalizatorului. În partea superioară se găsește o baterie de cicloane *4* care servesc la separarea pulberii de catalizator, antrenată de vapori. Pulberea se scurge din cicloane înapoi în reactor, iar catalizatorul uzat se scurge la fundul reactorului prin spațiul liber dintre pîlnia prin care se face alimentarea reactorului și pereții reactorului.

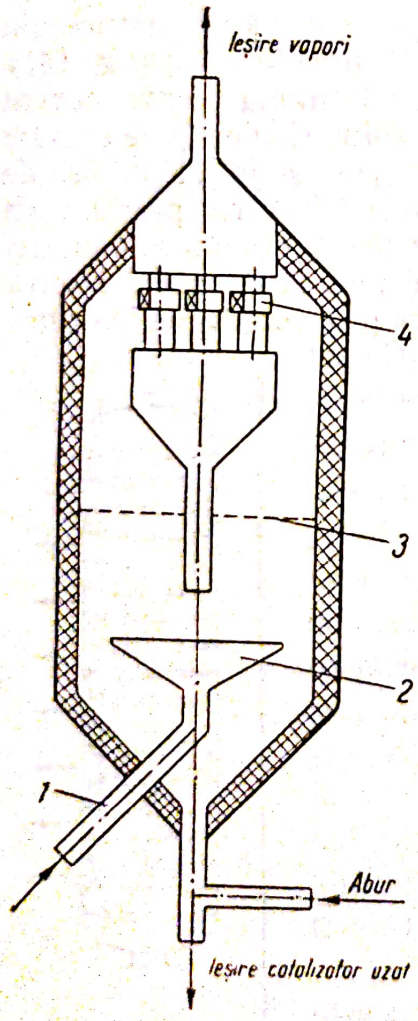


Fig. 142. Reactor.

Vaporii de produse din masa catalizatorului uzat sînt antrenați prin introducerea aburului la fundul reactorului. Catalizatorul stricat este evacuat apoi de pe fundul reactorului spre conducta de alimentare cu catalizator uzat a regeneratorului.

După tehnica aplicată pentru folosirea catalizatorului se deosebesc trei tipuri de reactoare în instalațiile de cracare catalitică :

— *reactoare cu strat fix de catalizator*, în care catalizatorul este așezat într-un strat fix de 2 pînă la 3 m înălțime, prin care străbate amestecul de vapori;

Scanned with OKEN Scanner

— *reactoare cu strat mobil de catalizator*, în care catalizatorul circulă prin reactor de sus în jos şi apoi între reactor şi regenerator şi invers. Circulaţia între regenerator şi reactor este asigurată de elevatoare mecanice sau pneumatice;

— *reactoare cu strat fluidizat de catalizator*, în care catalizatorul în stare de pulbere fină este menţinut în stare fluidizată cu ajutorul hidrogenului sau în regenerator cu ajutorul curentului de aer pentru regenerare.

În general reactoarele sînt prevăzute cu dispozitive mecanice de amestecare, cu sau fără încălzire de la o sursă exterioară lucrînd fie la presiune, fie sub vacuum, fie la presiune atmosferică.

În industria chimică se întîlnesc mai multe tipuri de reactoare care sînt asemănătoare din punct de vedere constructiv. Astfel pentru reacţiile de oxidare sînt folosite reactoare de tipul celui prezentat în figura 143, care este prevăzut în interior cu serpentine pentru răcire *2* sau încălzire *3*, folosite după cerinţele procesului tehnologic. Materialul supus oxidării este introdus în reactorul *1* prin racordul *4*, iar agentul oxidant (aerul) prin conducta *5*, terminată la capătul inferior cu o placă poroasă *8*.

După oxidare materialul rezultat se scurge prin racordul inferior *7*. Reactorul nu are dispozitive mecanice de amestecare, aceasta realizîndu-se prin barbotarea în curent ascendent a aerului prin încărcătură, din care cauză durata operaţiei este mare (30 pînă la 36 h). Aerul este apoi evacuat prin racordul superior *6*. Acest tip de reactoare este folosit pentru oxidarea hidrocarburilor în stare lichidă (parafina, toluenul).

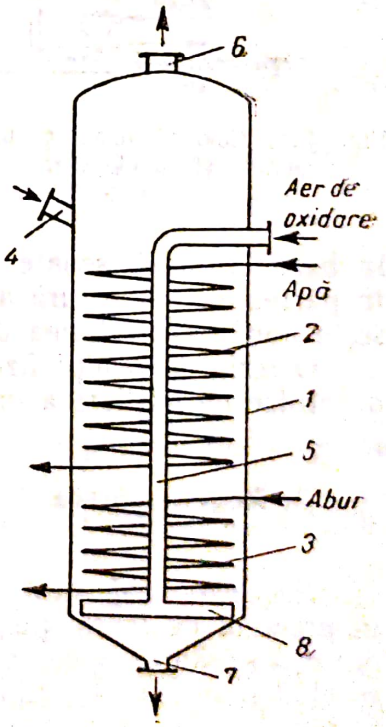


Fig. 143. Reactor static vertical

În afara *reactoarelor statice verticale pentru reacţii de oxidare* se mai întîlnesc *reactoare statice cu dispozitive de amestecare cu arbore vertical*. Acestea pot fi cu funcţionare intermitentă sau continuă. În această categorie se includ de cele mai multe ori vase cu volum mare utilizate la coagulări, dizolvări, cristalizări, caustificări şi alte operaţii.

În procesele continue de fracţii, la decantări şi spălări de suspensii în contracurent, se utilizează *reactoare stabile cu mers continuu cu dispozitive de amestecare, pentru reactanţi cu fază lichidă predominantă*.

Sistemul constă din trei sau mai multe vase de reacţie, aşezate în cascadă în care de jos în sus se introduce reactantul sau mediul de spălare, după caz. Se recomandă în spe-

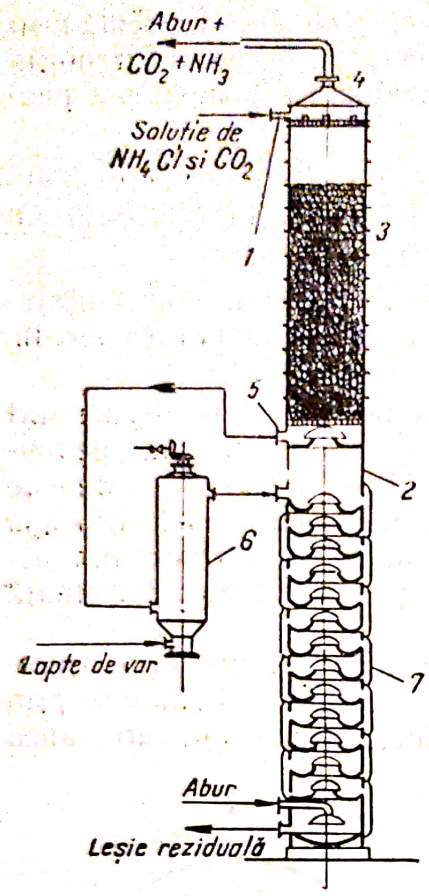


Fig. 144. Coloană mixtă cu umplutură și cu clopote.

cial în cazul în care se urmărește obținerea de soluții cît mai concentrate de lichide valoroase în vederea prelucrării lor ulterioare.

Unele operații chimice ca esterificări, precipitări, pot avea loc și în coloane cu talere cu clopote, cu site sau alte tipuri constructive, combinate cu coloane cu umplutură. Pot fi utilizate pentru reacțiile eterogene de tipul gaz-lichid sau lichid-gaz-solid.

Coloana mixtă cu umplutură și cu clopote (pasete) (fig. 144) este folosită în industria sodei caustice pentru recuperarea CO_2-ului și amoniacului.

Soluțiile cu conținut de NH_4Cl și CO_2 intră prin racordul *1* la partea superioară a coloanei mixte *2*, peste un strat de umplutură *3*, în care întîlnesc vaporii de amoniac și apă fierbinte circulînd de jos în sus care desorb CO_2-ul; ambele gaze împreună cu vaporii de apă, ies din sistem prin racordul *4*. Soluția liberă de CO_2 este scoasă prin racordul *5* din coloană și introdusă în amestecătorul cu lapte de var *6* unde se pune în libertate amoniacul. Soluția trece mai departe la partea superioară a porțiunii de coloană umplută cu pasete *7*, unde circulînd în jos întîlnește abur direct injectat la baza coloanei, scoate amoniacul din soluție și împreună cu aburul intră în partea cu umplutură a coloanei unde scoate din soluție și CO_2-ul. Se folosește abur cu presiunea de circa 0,7 kgf/cm².

O serie de reacții fizice și chimice sînt realizate sub acțiunea unei surse puternice de iradiere a unui izvor de lumină.

3. Regeneratoare

Regeneratoarele sînt utilaje ce servesc la regenerarea produselor uzate în procesul de fabricație. Sînt vase cilindrice, cu fundurile conice, construite din oțel și căptușite cu cărămidă refractară cu dimensiuni mai mari decît reactorul. Un regenerator utilizat în instalațiile de cracare catalitică în strat fluidizat este prevăzut în interior cu o placă construită din site cu ochiurile mai mari decît dimensiunile catalizatorului. Placa de site este străbătută de un preaplin, prin care se scurge catalizatorul regenerat spre reactor.

Scanned with OKEN Scanner

La vîrful regeneratorului este montată o baterie de cicloane pentru recuperarea pulberilor de catalizator antrenate de gazele de ardere. Gazele de ardere sînt obligate să treacă prin aceste cicloane înainte de a părăsi regeneratorul.

Regenerarea catalizatorilor utilizaţi în instalaţiile de reformare catalitică cu strat fix sau fluidizat constă în introducerea în reactor a unui curent de abur, apoi de aer fierbinte, care produce aprinderea şi arderea cocsului.

D. ADSORBERE ŞI ABSORBERE

1. Adsorbere

a. Adsorbţia

Adsorbţia este operaţia prin care un material solid numit *adsorbant* reţine pe suprafaţa sa componenţii lichizi sau gazoşi aflaţi în mediul fluid înconjurător.

Adsorbţia se efectuează prin punerea în contact a unui gaz sau a unui amestec gazos cu materialul adsorbant.

Prin adsorbţie se realizează procese tehnologice de separare, recuperare, purificare etc. (separarea gazolinei sau a benzenului din gazele de sondă, rafinarea produselor petroliere etc.).

b. Materiale adsorbante

Substanţele adsorbante care se folosesc în diverse procese de adsorbţie sînt :

– *cărbunii activi* obţinuţi prin pirogenare în absenţa aerului a unor substanţe ca lemnul, cojile de nucă, oasele etc.

Cărbunii activi se utilizează la rafinarea uleiurilor şi a grăsimilor, la purificarea şi recuperarea solvenţilor, separarea gazolinei din gazele de sondă etc. ;

– *silicagelul* utilizat pentru uscarea şi purificarea gazelor şi mai ales pentru adsorbţia vaporilor de apă pe care are capacitatea să-i adsoarbă în mod selectiv pînă la 40% din greutatea sa. Se regenerează prin încălzire cu aer cald sau cu gaze de ardere ;

Scanned with OKEN Scanner

— *pămînturile decolorante* sînt pămînturi naturale sau activate prin tratare cu acizi (clorhidric sau sulfuric) pentru ca proprietăţile de adsorbţie să crească de 3 pînă la 5 ori.

Se folosesc pentru decolorarea, limpezirea şi rafinarea produselor petroliere, a grăsimilor, a uleiurilor etc.;

— *alumina activată* se obţine în urma tratării termice a oxidului de aluminiu precipitat sau a bauxitei. Se utilizează la purificarea şi dezodorizarea gazelor, la uscarea gazelor etc.

c. Tipuri de adsorbere

Adsorberul cu cărbune activ realizează procesul în trei etape:

— adsorbţia gazului la suprafaţa adsorbantului (cărbunelui activ);

— desorbţia gazului adsorbit şi prin aceasta regenerarea cărbunelui activ, în mod obişnuit cu ajutorul aburului;

— răcirea adsorbantului care s-a încălzit în timpul procesului de desorbţie.

În figura 145 este reprezentat un adsorber, cu cărbune activ, compus dintr-un corp *1*, în care se afla grătarul *2* pe care se aşază cărbunele activ. Amestecul gaz-aer intră prin distribuitorul *3* şi este evacuat prin racordul *5* după ce gazul a fost adsorbit.

Pentru realizarea desorbţiei se introduce abur prin racordul şi conducta *4* şi după ce străbate materialul adsorbant, este evacuat prin racordul *6*.

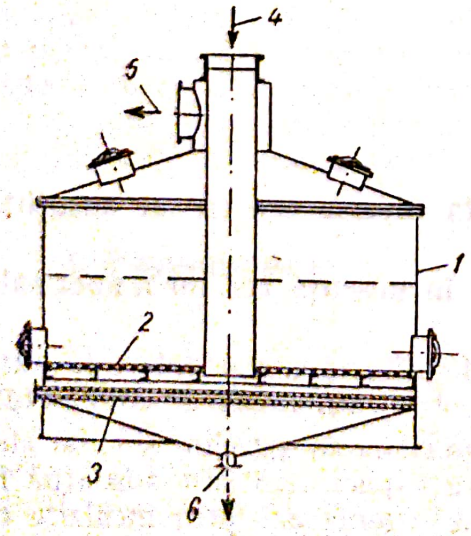


Fig. 145. Adsorber cu cărbune activ.

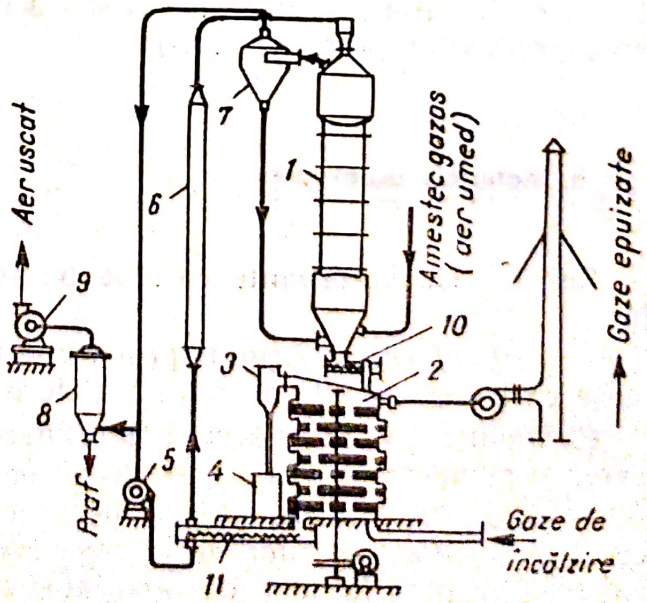


Fig. 146. Schema instalaţiei de adsorbţie cu silicagel.

Răcirea se face cu aer introdus prin conducta de abur sau printr-un racord special.

Un ciclu complet durează circa 7 h.

Instalația de adsorbție cu mai multe adsorbere. Pentru a se obține un proces continuu de adsorbție se folosesc mai multe adsorbere, astfel ca în timp ce în unele se realizează procesul de adsorbție, în altele se realizează procesul de desorbție pentru regenerarea adsorbantului.

Instalația continuă de adsorbție (fig. 146) funcționează folosind ca adsorbant silicagelul. În adsorberul *1* coboară silicagelul care întîlnind curentul ascendent de aer umed, adsoarbe vaporii de apă din aerul care iese pe la partea superioară a adsorberului.

Silicagelul cade la partea inferioară a adsorberului apoi prin intermediul unui transportor elicoidal *10* intră în desorberul *2* unde prin încălzire eliberează vaporii de apă adsorbiți și astfel se regenerează. Vaporii de apă din desorber sînt trecuți printr-un condensator *3* și eliminați din instalație, iar condensatul rezultat este colectat în rezervorul *4*.

Aerul uscat iese din adsorber pe la partea superioară și este trecut printr-un ciclon *7* și printr-un separator de praf *8* și cu un exhaustor *9* este îndepărtat în atmosferă.

Silicagelul se recuperează scoțîndu-l din desorber cu transportorul elicoidal *11* și apoi este antrenat prin răcitorul *6*, în partea superioară a adsorberului *1* cu ajutorul aerului pompat de suflanta *5*.

2. Absorbere

a. Absorbția

Este operația prin care un gaz denumit *absorbat* pătrunde prin difuzie în masa unui lichid (sau corp solid) denumit *absorbant*, la suprafața de separare dintre cele două faze, cu formarea unei soluții.

Procesul invers de trecere a gazului dizolvat din soluție în fază gazoasă se numește *desorbție*.

În cazul cînd gazul sorbit formează cu substanța care l-a sorbit un nou compus chimic, procesul se numește *chemosorbție*.

Absorbția (ca și adsorbția) este un proces selectiv, adică absorbantul posedă capacitatea de a reține numai anumite substanțe, în timp ce altele nu sînt de loc sorbite sau sînt sorbite în cantități neînsemnate. Această proprietate a adsorbanților dă posibilitatea separării amestecurilor gazoase, fără consum de energie mecanică.

Scanned with OKEN Scanner

b. Metodele de absorbţie

Aparatura de absorbţie trebuie să aibă o suprafaţă mare de contact prin care să treacă lichidul şi gazul pentru ca absorbţia să fie cît mai eficace. Este deci necesară reînnoirea constantă a suprafeţei de contact dintre fazele lichidă şi gazoasă.

Procedeele de realizare a contactului între faza lichidă şi gazoasă sînt următoarele :

– trecerea gazului peste suprafaţa lichidului ;
– trecerea gazului printr-un spaţiu umplut cu lichid fin pulverizat ;
– trecerea gazului printr-un turn cu umplutură, care se stropeşte cu lichid ce acoperă umplutura sub forma unei pelicule fine ;
– trecerea gazului sub formă de bule mici prin stratul de lichid (barbotare).

c. Tipuri de absorbere

Absorbere de suprafaţă şi cu peliculă. Cînd gazul care trebuie absorbit se absoarbe foarte repede şi uşor de lichidul respectiv, este posibilă absorbţia practic completă a gazului numai prin trecerea sa peste suprafaţa lichidului absorbant ; ca exemplu poate servi absorbţia acidului clorhidric gazos în apă.

Turilele (fig. 147) şi vasele ceramice de absorbţie Celarius (fig. 148) sînt utilaje simple, construite din materiale ceramice antiacide (gresie, cuarţ etc.). Gazul este condus în contracurent faţă de lichidul care curge cu viteză mică în lungul instalaţiei formată din mai multe unităţi, montate în serie şi în paralel. Suprafaţa mare de contact cu aerul a acestor vase este necesară pentru

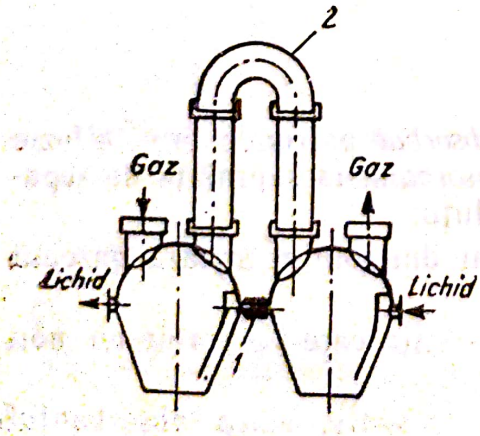


Fig. 147. Turile :
1 — tub pentru transvazarea lichidului ; *2* — tub pentru gaz.

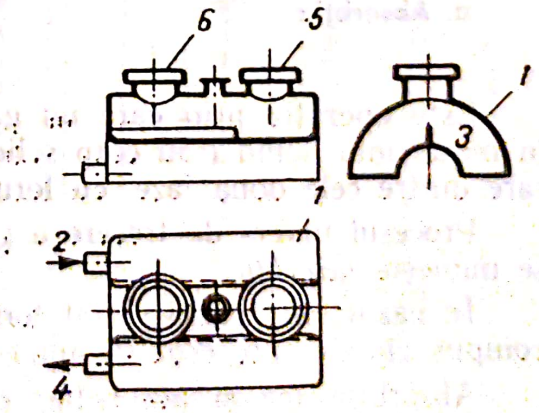
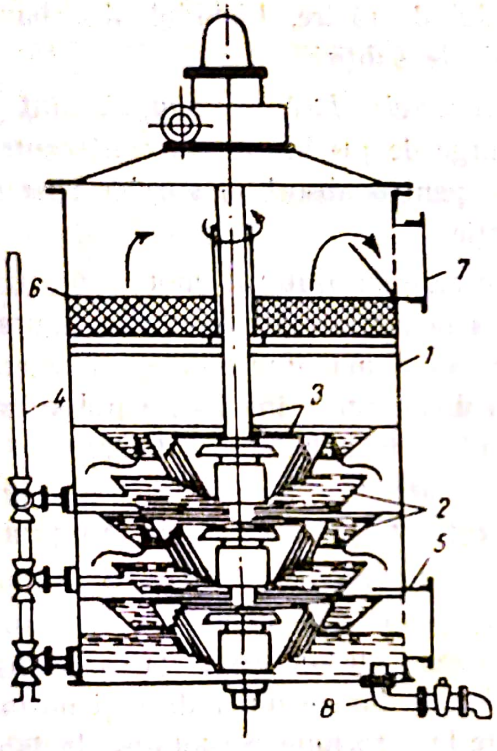


Fig. 148. Vase Celarius :
1 — vas de absorbţie ; *2* — intrarea lichidului ; *3* — perete despărţitor ; *4* — ieşirea lichidului ; *5* — intrarea gazului ; *6* — ieşirea gazului.

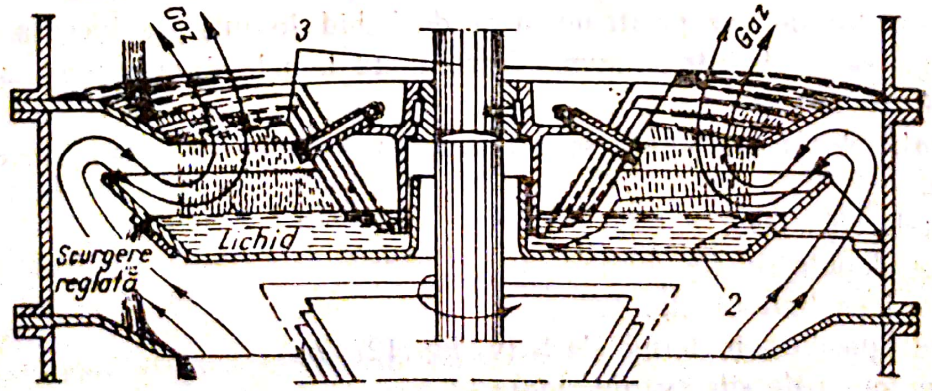
eliminarea căldurii ce se produce în timpul procesului de absorbţie. Randamentul acestor vase este însă mic.

Absorberele cu peliculă sînt utilaje în care amestecul gazos şi lichidul absorbant circulă în contracurent, de exemplu:



a

Fig. 149. Absorber mecanic:
1 — corp; 2 — talere; 3 — ax cu dispozitive de pulverizare; 4 — conductă pentru lichid; 5 — ştuţ pentru intrarea gazului; 6 — separator; 7 — ştuţ pentru ieşirea gazului neabsorbit; 8 — ştuţ pentru evacuarea soluţiei.



b

– *absorberele în cascadă* sînt aparate tip coloană cu pereţi despărţitori orizontali, care obligă lichidul introdus pe la partea superioară să circule în straturi subţiri din treaptă în treaptă. Amestecul gazos circulă de jos în sus, în contracurent, astfel că lichidul absoarbe componentul gazos cu uşurinţă;

– *absorberele multitubulare* sînt aparate de tipul schimbătoarelor de căldură cu ţevile verticale la care lichidul şi gazele circulă în contracurent prin ţevi, iar între ţevi circulă lichidul de răcire. Lichidul absorbant curge pe pereţii ţevilor sub forma unei pelicule subţiri.

Absorbere prin pulverizare. *Absorberele fără umplutură* sînt coloane cilindrice goale pe care gazul le parcurge de jos în sus, în contracurent cu o ploaie de lichid absorbant. Se folosesc pentru absorbţia gazelor uşor solubile. Sînt cele mai simple utilaje de absorbţie.

Absorberele mecanice sînt utilaje în care cu ajutorul unor dispozitive rotative se produce o pulverizare intensă a lichidului absorbant. În figura 149, *a* este reprezentat un absorber mecanic avînd mai multe talere fixe cu lichid, prin centrul cărora trece un ax vertical, pe care sînt fixate pulverizatoarele conice, care au partea inferioară cufundată în lichidul din talere.

Lichidul curge de pe talerele superioare pe cele inferioare şi este pulverizat la fiecare etaj, urmînd drumul în zig-zag aşa cum se vede în figura 149, *b*.

Absorbere cu umplutură sînt coloane în care se introduce o anumită umplutură (descrisă în capitolul anterior) peste care lichidul absorbant curge sub forma unei pelicule fine, în contracurent cu amestecul gazos (v. fig. 140).

Coloanele cu umplutură sînt simple, au dimensiuni reduse şi posibilitatea de a se construi din materiale rezistente la coroziune. Se folosesc la fabricarea acidului sulfuric concentrat, bioxidului de sulf lichid etc.

Coloanele cu barbotare realizează contactul dintre cele două faze prin trecerea bulelor de gaz printr-un strat de lichid în mişcare înceată. Astfel masa de gaz se divide într-un număr foarte mare de bule, dînd naştere la suprafeţe mari de contact.

Absorberele cu barbotare se întîlnesc în special sub formă de coloane cu talere.

Talerele coloanelor pot fi:

– cu clopote (v. fig. 139);
– cu jgheaburi (v. fig. 127);
– cu jgheaburi în formă de S (v. fig. 127, *b*);
– în formă de site (v. fig. 128);
– perforate.

Scanned with OKEN Scanner

E. MONTAREA, PROBA, EXPLOATAREA, REVIZIA, ÎNTREȚINEREA ȘI REPARAREA COLOANELOR

1. Montarea coloanelor

Montarea unei coloane se poate face fie la locul de montaj, ea fiind asamblată, cum este cazul cel mai frecvent al recipientelor gabaritice, fie în tronsoane, care urmează să fie asamblate la locul de montaj, cazul recipientelor negabaritice.

Montarea coloanelor transportabile comportă următoarele operații:

- recepția fundației;
- recepția aparatului;
- transportul la locul de montaj;
- asamblarea aparatelor negabaritice;
- așezarea și centrarea pe fundație;
- fixarea pe fundație și turnarea unui strat de lapte de ciment pentru înglobarea penelor de centraj;
- demontarea capacelor gurilor de vizitare;
- curățirea interioară și exterioară a aparatului și pregătirea pentru probă;
- efectuarea probei hidraulice de presiune;
- suflarea cu aer pentru îndepărtarea apei din timpul probei;
- racordarea aparatului la instalație conform proiectului și schemei tehnologice;
- întocmirea documentației aparatului necesară inspecției.

Asamblarea se face pornind fie de la virole sau tronsoane, fie de la elemente (table) preuzinate.

Materialele se sortează, se verifică marcarea, dimensiunile și șanfrenele și se pregătesc pentru montaj.

Asamblarea se poate face fie direct pe fundație, fie pe platforme de montaj special amenajate, care asigură o mecanizare avansată.

O platformă de montaj se amenajează fie lîngă fundația recipientului, în cazul asamblării unui unicat, fie într-un spațiu liber, neafectat altor construcții și care să nu stînjenească activitatea altor sectoare ale șantierului.

Se nivelează terenul, se acoperă cu un strat de 10—15 cm de balast asigurînd drenarea apelor meteorice și se trece la amenajarea platformei propriu-zise.

Platforma propriu-zisă constă dintr-un pat de traverse, asigurate cu șine de cale ferată sau profile laminate. Planeitatea platformei duce la un montaj de calitate.

Scanned with OKEN Scanner

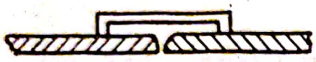


Fig. 150. Fixarea virolelor cu călăreţi.

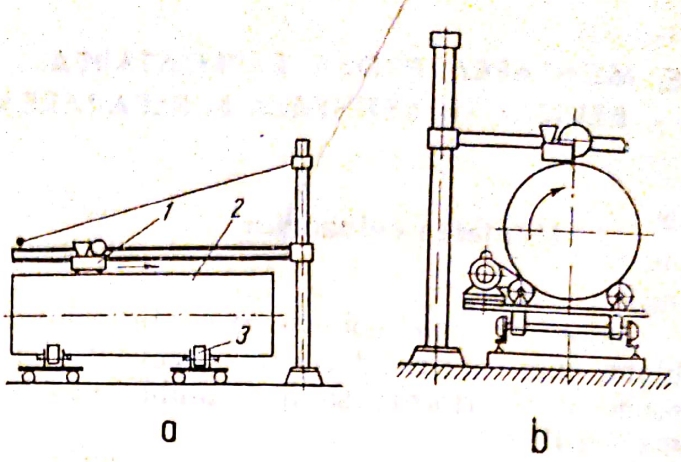


Fig. 151. Instalaţie pentru sudură automată: *a* — pe generatoare; *b* — pentru cordoane circulare; *1* — agregat de sudură; *2* — virolă; *3* — dispozitive cu role.

Pe platformă se montează dispozitive cu role care permit rotirea recipientului în jurul axei proprii. Pe aceste dispozitive se aşază virolele sau tronsoanele recipientului pentru asamblare.

Sudarea pieselor pentru fixare este bine să nu se facă prin puncte de sudură pe suprafaţa teşită (şanfrenată) a virolei, ci cu ajutorul unor călăreţi (fig. 150) care încalecă zona de sudură. Folosirea călăreţilor este necesară deoarece în cazul unei centrări greşite, care trebuie reparată, locul unde s-a făcut sudura prin puncte de şanfrene se deteriorează şi face ca să scadă calitatea sudurii continue de rezistenţă dintre cele două virole (tronsoane).

Operaţia de sudură se efectuează de sudori cu înaltă calificare şi autorizaţi, sau automat sub strat de fondant.

Pentru sudurile automate pe generatoare se foloseşte avansarea automată a agregatului pe calea de rulare, în lungul cusăturii, recipientul avînd o poziţie fixă (fig. 151, *a*).

Pentru sudurile transversale, agregatul de sudură se fixează, iar recipientul este rotit cu ajutorul unui motor electric antrenînd cîte una din rolele de sprijin (fig. 151, *b*).

Dacă recipientul soseşte pe şantier sub formă de table prelucrate, se procedează în prealabil la realizarea virolelor.

Se trasează pe platforma de montaj un cerc de diametru corespunzător, pe circumferinţa căruia se aşază dispozitivele de prindere şi centrare a tablelor virolelor. Se aşază tablele, se prind cu ajutorul călăreţilor şi a penelor de centraj. Se verifică ovalitatea, intervenindu-se cu tensori sau piese acolo unde aceasta depăşeşte abaterile admisibile şi se trece la sudură, conform tehnologiei indicate de proiectant.

În cazul recipientelor de greutăţi şi gabarite mari, care impun o asamblare pe tronsoane sau chiar la virolele montate direct pe fundaţie — cazul coloa-

nelor de diametru mare — se amenajează platforme pentru centrare și sudură la poziție în dreptul îmbinării prin sudură.

Pentru recipientele care lucrează în condiții speciale sau sînt construite din materiale speciale se impune un tratament termic de detensionare a sudurilor. Acest tratament se realizează fie cu camere secționale cu arzătoare cu gaze (metodă de mică productivitate) fie cu dispozitive cu curenți de înaltă frecvență CIF, folosind inductori ce înconjoară zona detensionată, detensionarea făcîndu-se uniform pe toată lungimea cordonului de sudură.

a. Metode de montare

Ridicarea cu doi stîlpi este una din metodele cel mai des utilizată pentru ridicarea coloanelor.

Stîlpul de ridicare este o grindă cu zăbrele care constă din trei țevi rigidizate între ele prin alte țevi de dimensiuni mai mici.

Utilajul care se montează se prinde cu cablul puțin mai sus de centrul de greutate, cablul fiind ghidat de vîrful stîlpilor de ridicare și legat de cîte un troliu.

Se folosesc doi stîlpi egali, montați pe fundații din traverse de cale ferată și ancorați în cel puțin trei puncte de vîrf.

Cele două trolii de care se leagă cablul de tracțiune se ancorează în apropierea locului de lucru, în afara perimetrului de ridicare. Un al treilea troliu se leagă cu cablul de partea inferioară a utilajului pentru a împiedica balansul.

Sistemul poate lucra cu trolii manuale care nu dau șocuri dar la care viteza de ridicare este mică și necesită mulți oameni, sau cu trolii electrice.

Utilajul se așază pe un cărucior sau o sanie care ajută la apropierea bazei sale de fundație, pe măsura ridicării în poziție verticală.

În figura 152 este reprezentată schematic ridicarea unei coloane cu ajutorul a doi stîlpi *1*, ancorați cu cîte trei cabluri *2*. Cablurile de tracțiune *3* se înfășoară pe troliile *5*, iar cablul de contra *4*, se desfășoară de pe troliul *6*. Troliile *5* și *6* sînt ancorate cu cablurile *7*.

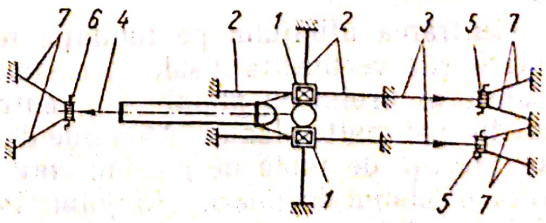


Fig. 152. Amplasarea utilajelor de ridicare pentru montajul cu doi stîlpi.

Ridicarea cu automacaralele a coloanelor pe fundaţii prezintă avantajul unei viteze de montaj mari, dar este limitată de greutatea utilajelor, respectiv de capacitatea automacaralelor.

b. Centrarea utilajelor pe fundaţii

Este o problemă de mare importanţă deoarece aceste utilaje prelucrînd lichide, necesită ca anumite părţi ale lor să fie perfect orizontale (cazul talerelor în coloane). Trebuie deci ca utilajele să fie montate exact în poziţie verticală, cu abateri foarte mici, limitate de cerinţele procesului tehnologic.

Fundaţia pe care se aşază utilajul trebuie să fie netedă, perfect orizontală, realizată la cotele prevăzute. Aceasta se controlează cu nivela cu apă cu lungime mare, care se aşază după diferite direcţii. Cota de nivel se verifică cu ajutorul teodolitului faţă de punctele de control topometrice. Eventualele abateri se pot corecta prin turnare de lapte de ciment peste fundaţie, urmînd sclivisirea ei.

Fixarea coloanelor pe fundaţie se face în mod obişnuit cu buloane de ancoraj prinse în fundaţie. Trebuie ca fixarea acestora să fie corespunzătoare găurilor din plăcile de prindere ale coloanelor. Se folosesc în acest scop şabloane de tablă sau lemn, copii ale inelului de fixare a utilajului.

Buloanele de ancoraj pot fi fixate definitiv în fundaţie pe toată lungimea lor, după şablon. În acest caz se pot produce erori de montaj datorită neconcordanţei buloanelor cu găurile suporturilor, fapt ce se poate remedia doar prin lărgirea găurilor din suport.

O metodă mai bună este de a fixa buloanele definitiv în fundaţie după şablon numai pe două treimi din lungimea lor. La aşezarea utilajului pe fundaţie, eventualele nepotriviri pot fi corectate prin îndoirea bulonului pe ultima lui treime cu un unghi mic. După centrarea utilajului aceste găuri se astupă cu lapte de ciment injectat sub fundaţie.

Trebuie să existe o corespondenţă perfectă între axa fundaţiei şi axa utilajului. Buloanele de ancorare trebuie să aibă o poziţie perfect verticală şi să se păstreze unse cu unsoare consistentă pînă la montaj, pentru a fi protejate contra ruginirii. Aceeaşi protecţie trebuie prevăzută şi după terminarea montajului.

Centrarea utilajului pe fundaţie se face prin verificarea poziţiei sale pe fundaţie şi a verticalităţii sale. Aceasta se face pentru utilajele mai puţin înalte cu ajutorul firului cu plumb, iar pentru aparatele înalte cu ajutorul teodolitului în mai multe planuri. Abaterile de la verticalitate se remediază cu ajutorul unor plăcuţe de tablă de grosimi corespunzătoare introduse sub placa suporturilor în planul înclinării utilajului. Pentru introducerea tăbliţelor de reglaj utilajul se ridică cu ajutorul unor vinciuri, menţinîndu-se ancorat în macara sau ancorate laterale tot timpul operaţiei.

Scanned with OKEN Scanner

După centrare se toarnă lapte de ciment sub plăcile suport ale utilajului. De-abia după întărirea acestuia se strîng definitiv buloanele de fixare.

c. Montarea echipamentului interior

Echipamentul interior al coloanelor fie din talere cu clopoţei, cu jgheaburi, fie din grătare pentru susţinerea umpluturii, este susţinut în general, pe suporturi sub formă de inele sau traverse sudate de manta.

Pentru a asigura o bună funcţionare a acestor talere, poziţia lor trebuie să fie riguros orizontală, ceea ce conduce la măsuri speciale în cazul montării suporturilor de către uzina constructoare a coloanei. La vechile construcţii aceste suporturi se montau după aşezarea coloanelor pe fundaţie pentru a se putea realiza perfecta lor orizontalitate. Aceasta se verifică cu ajutorul nivelei cu apă cu furtun de cauciuc.

Poziţia talerului spre a fi perfect orizontală se reglează cu pene din tablă introduse între taler şi suport.

La talerele prevăzute cu şuruburi de reglaj orizontalitatea se reglează cu ajutorul acestor şuruburi.

Verificarea poziţiei talerului *1* (fig. 153) se poate face fie cu nivela, fie făcîndu-se proba cu apă şi măsurîndu-se nivelul cu ajutorul unei rigle *2*.

Capetele ştuţurilor (coşurilor) clopoţeilor sau jgheaburilor fixe trebuie să fie în acelaşi plan orizontal, aceasta constituind o condiţie tehnică principală în funcţionarea coloanei. Verificarea acestei condiţii se realizează cu ajutorul aceleiaşi riglete, corecturile făcîndu-se dacă abaterile depăşesc ± 1 mm fie prin rabotare, fie prin sudare şi rabotare.

Aşezarea clopoţeilor sau jgheaburilor trebuie făcută cu respectarea strictă a închiderii hidraulice.

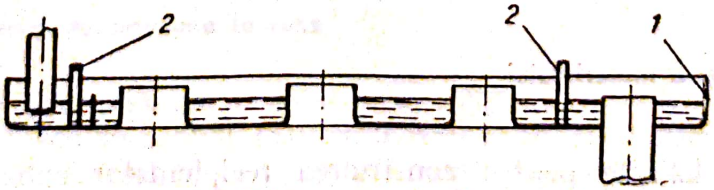


Fig. 153. Verificarea orizontalităţii unui taler

d. Montarea echipamentului exterior

Recipientele sînt prevăzute cu scări de acces și podețe cînd au înălțimi mai mari de doi metri.

Scările și podețele sosesc pe șantiere prefabricate, urmînd ca pe șantier să se execute numai sudarea consolelor și montajul podețelor și scărilor pe console.

Treptele și podețele sînt realizate în mod obișnuit din grătare, împiedicînd lunecarea încălțămintei și permițînd scurgerea lichidelor.

Podețele, scările și platformele sînt prevăzute cu balustrade de minimum 1 m înălțime.

Scările pisică sînt prevăzute cu apărătoare circulare. Montajul acestor amenajări se face cu ajutorul macaralelor mobile sau cu rază mare de acțiune, sau al stîlpilor cu care s-a făcut ridicarea utilajului. Pentru accesul montatorilor se folosesc schele de lemn sau metalice care înconjoară utilajul.

În decursul montajului se urmărește întîi o asamblare provizorie, o verificare a cotelor și unghiurilor de montaj, perfecta verticalitate a stîlpilor și doar în final asamblarea definitivă prin sudură.

În afară de scările de acces de mică înclinație, platformele sînt prevăzute și cu scări secundare de tip scară pisică. Atît podețele individuale cît și construcțiile metalice sînt prevăzute cu guri de apă și furtune de abur pentru incendiu cît și cu rețea de aer comprimat servind la acționarea mașinilor pneumatice cu care se lucrează în timpul reviziilor.

La montarea dispozitivelor de ridicare se urmărește o perfectă orizontalitate a grinzii de rulare.

Se verifică fixarea căruciorului de rulare pe grindă și i se asigură o alunecare ușoară.

La dispozitivele de ridicare de tip ușor trebuie să se asigure la montaj o așezare perfect verticală. Se obțin astfel frecări mici în lagărele de rotire.

2. Probarea și recepționarea recipientelor sub presiune

a. Probe asupra materialului

Materialele folosite pentru construirea recipientelor sub presiune sînt recomandate de standarde și de instrucțiunile DGMSI, ISCIR. Probele materialelor se fac în uzina care livrează semifabricatele sau în uzina constructoare și comportă :

Analiza chimică a principalelor materiale intrate în construcţia recipientului. Ea trebuie să fie corespunzătoare analizelor materialelor indicate în proiect. Dacă materialul are certificate de calitate se face confruntarea certificatelor cu indicaţiile proiectului.

Pentru recipientele supuse normativelor DGMSI, materialele trebuie să fie corespunzătoare acestor instrucţiuni.

Încercări mecanice: tracţiune, alungire, rezilienţă, îndoire (pentru table), turtire (pentru ţevi).

Rezultatele probelor de mai sus, efectuate asupra materialelor utilizate pentru executarea recipientelor pe baza indicaţiilor din proiecte, trebuie să se încadreze în intervalul valorilor cuprinse în standardele ce se referă la aceste materiale.

La materialele care necesită tratamente termice, se efectuează probele mecanice după ce epruvetele au fost tratate termic în aceleaşi condiţii ca şi materialele respective utilizate la recipiente. Epruvetele se tratează termic împreună cu piesele respective.

b. Probele asupra geometriei recipientului

Probele se execută în uzina constructoare şi constau din:

— verificarea dimensiunilor şi cotelor principale. Valorile măsurate trebuie să se înscrie în abaterile admise de caietul de sarcini al utilajului;

— verificarea şanfrenelor de sudură pentru recipientele care se vor asambla la locul de montaj;

— verificarea marcării reperelor ce se asamblează la locul de montaj.

c. Probele asupra îmbinărilor sudate

Aceste probe se fac atît în uzină cît şi pe şantier. Ele constau din cercetarea cu ochiul liber sau mijloace optime, controlul cu raze Roentgen, încercări mecanice la tracţiune, îndoire la rece, rezilienţă şi analize metalografice.

d. Încercarea de presiune la rece

Încercarea de presiune la rece este obligatorie pentru toate vasele sub presiune şi se face în scopul verificării rezistenţei şi etanşeităţii vasului.

Această probă se execută cel puţin o dată la 6 ani, după executarea unei reparaţii capitale sau după o întrerupere în funcţionare mai mare de un an.

La recipientele cu două sau mai multe compartimente, probarea se face separat pentru fiecare, celelalte rămînînd deschise pentru inspectare.

Recipientul se pregătește pentru probă prin curățire interioară și exterioară și revizie. Armăturile de închidere trebuie să fie etanșe iar racordurile fără armături se vor astupa cu flanșe oarbe sau blinde. Se montează manometre etalonate și verificate.

Proba hidraulică se execută cu apă sau cu petrol la temperaturi sub 60°C, dar superioare punctului de rouă pentru a se evita condensarea vaporilor atmosferici pe suprafața exterioară a recipientului.

Presiunea de probă se calculează în funcție de presiunea nominală și temperatura de regim cu relațiile:

a) *pentru recipientele supuse la presiune interioară* executate din:

– materiale de construcție cu limită de curgere (de exemplu oțel-carbon, oțel aliat, cupru, aluminiu):

$$p_p = k \cdot p \frac{\sigma_{c\ 20°C}}{\sigma_{ct\ calc}} \quad [kgf/cm^2] \qquad (140)$$

unde:

p_p este presiunea de probă ce se calculează;
k – coeficient de majorare conform tabelei 11;
p – presiunea de regim, în kgf/cm²;
$\sigma_{c\ 20°C}$ – rezistența la curgere a materialului la 20°C;
$\sigma_{ct\ calc}$ – rezistența de calcul la curgere a materialului la temperatura de regim, în kgf/cm²/;

Tabela 11

Coeficienți de majorare pentru presiuni de probă hidraulică

Felul recipientului	p kgf/cm²	k	p_p minim kgf/cm²
Toate recipientele în afara celor turnate	$\leqslant 50$	1,5	2
	> 50	1,3	75
Recipiente turnate	indiferent de presiune	2	4

– materiale fără limită de curgere (ex.: fontă, aliaje de aluminiu turnate)

$$p_p = k \cdot p \frac{\sigma_{r\ 20°C}}{\sigma_{rt\ calc}} \quad [kgf/cm^2] \qquad (141)$$

unde:

$\sigma_{r\ 20°C}$ este rezistența la rupere a materialului la 20°C;
$\sigma_{rt\ calc}$ – rezistența la rupere de calcul a materialului la temperatura de regim, în kgf/cm²;

Scanned with OKEN Scanner

b) *pentru recipientele supuse la presiune exterioară;*

$$p_p = k \cdot p \cdot \frac{E_{20°C}}{E_{t\ calc}} \quad [kgf/cm^2] \qquad (142)$$

unde:

$E_{20°C}$ este modulul de elasticitate al materialului, la 20°C;

$E_{t\ calc}$ — modulul de elasticitate al materialului calculat pentru temperatura de regim.

Pentru recipiente care lucrează sub vid și deci sînt supuse la presiune exterioară:

$$p_p = 1{,}5 \frac{E_{20°C}}{E_{t\ calc}} \quad [kgf/cm^2] \qquad (143)$$

Presiunile de probă vor fi indicate de manometre montate la partea superioară a recipientului.

Valorile rezistențelor de curgere σ_c, a rezistențelor de rupere σ_r și a modulelor de elasticitate E, se găsesc în anexa VII.

Recipientele hidrostatice se probează cu apă, prelungindu-se unul din racordurile superioare cu 500 mm, pentru a supune vasul la o suprapresiune de 0,5 m H_2O (metri coloană de apă).

Presiunea se ridică lent pînă la valoarea presiunii de probă cu ajutorul unei pompe de mînă. Ea se menține timp de 10 minute, după care se reduce la presiunea nominală și se face revizia recipientului. Cusăturile sudate se ciocănesc cu un ciocan cu coadă lungă, avînd greutatea funcție de grosimea peretelui între 0,5 și 2,5 kg.

Încercarea de presiune se consideră reușită dacă nu se constată:

— fisuri, crăpături;
— picături sau lăcrimări (picături fine) la îmbinările sudate;
— deformații permanente.

O probă nereușită se repetă după remedierea defectului. Valoarea presiunii de încercare se înscrie pe placa de timbru.

Se verifică dacă fluidul pentru probare nu are influențe negative asupra recipientului sau garniturilor.

După probă se îndepărtează orice urmă de fluid prin suflare cu aer.

Proba pneumatică se efectuează în următoarele cazuri:

— *ca probă de etanșare* care se execută în afară de proba hidraulică la recipientele lucrînd cu fluide toxice sau combustibile cu punctul de inflamabilitate sub 100°C.

Încercarea de etanșeitate se execută anual sau după fiecare revizie a recipientului.

Proba se execută cu aer sau în caz de pericol de explozie cu un gaz neutru (azot).

Încercarea se face prin menținerea presiunii timp de 30 min și în acest timp la exterior îmbinările se pensulează cu apă amestecată cu săpun.

Scanned with OKEN Scanner

Încercarea se consideră reușită dacă în acest timp nu apar scurgeri (bule de aer la îmbinările pensulate) și dacă acul manometrului rămîne nemișcat.

— *în locul probei hidraulice* atunci cînd aceasta nu poate fi efectuată deoarece :

— greutatea recipientului devine prea mare ;
— sînt dificultăți la umplerea și golirea apei (la coloane mari) ;
— există în vas căptușeli care s-ar deteriora în contact cu apa.

Presiunea de probă pneumatică se calculează cu aceleași relații ca și cea hidraulică, coeficientul k fiind 1,25 sau 1,15.

Pentru recipiente lucrînd sub vid se va lua :

$$p_p = 0{,}3 \frac{E_{20^\circ C}}{[E_t}_{calc} \quad [kgf/cm^2] \qquad (144)$$

Proba fiind deosebit de periculoasă datorită compresibilității gazelor, se va face numai în caz de absolută necesitate și numai cu prevederea unor măsuri de securitate specială.

Pe terenul din jurul recipientului care urmează a se proba pneumatic se va afla numai personalul de deservire. Se înlătură toate agregatele de lucru, buteliile de gaz, bidoanele de benzină etc. și se oprește circulația pe timpul probei.

După executarea probelor se face verificarea funcționării și reglarea supapelor de siguranță, în funcție de condițiile de funcționare și conform dispozițiilor DGMSI – ISCIR.

b. Recepție finală a recipientelor sub presiune

Recepția finală comportă executarea probelor menționate.

Recipientele supuse controlului DGMSI – ISCIR vor fi recepționate numai în prezența organului oficial ISCIR, care va elibera și autorizația de funcționare.

Se cercetează mai întîi probele efectuate asupra recipientului.

Se verifică montajul corect în instalație observîndu-se :

— poziția de fundație a recipientului ;
— cotele de montaj și încadrarea abaterilor în limitele indicate de proiectant ;
— racordarea vasului conform schemei tehnologice ;
— amplasarea corectă și conformă a ventilelor ;
— funcționarea ușoară și etanșă a ventilelor ;
— pantele conductelor de legătură, sensul și mărimea lor ;
— fixarea pe suporturi a conductelor de legătură ;
— amplasarea compensatoarelor de dilatație (dacă este cazul) ;
— vopsirea suprafeței exterioare a vasului conform proiectului ;
— grosimea, calitatea și protecția stratului de material izolant (dacă este cazul) ;

Scanned with OKEN Scanner

— aparatura de măsură și control prin :
— certificatele de verificare a aparaturii ;
— amplasarea și montajul lor corect ;
— funcționarea corectă.

3. Exploatarea recipientelor

În timpul funcționării, personalul de deservire va urmări parametrii de regim ai vasului și va interveni cînd aceștia depășesc valorile admisibile. Se asigură prin rotație o supraveghere continuă a aparaturii de control.

În caz de defecțiuni a unui aparat, acesta va fi reparat sau înlocuit imediat.

Supapele de siguranță și ventilele de golire rapidă vor fi controlate cel puțin odată pe lună, în prezența responsabilului recipientelor.

Efectuarea reparațiilor la vas sau îmbinări este interzisă în timpul cît recipientul se află sub presiune. În caz de defecțiune pronunțată, vasul va fi izolat din circuitul tehnologic intervenindu-se cu o reparație provizorie rapidă pînă la perioada de revizie a instalației cînd se va face reparația definitivă.

Recipientul va fi oprit din funcțiune și scos din circuitul tehnologic dacă se constată : deformări ale mantalei, crăpături sau fisuri în manta, scurgeri de fluid la îmbinări, scăpări de gaze (la produsele petroliere sau în cazul gazelor toxice), defectarea armăturilor de siguranță și control, piese de fixare ale capacelor incomplete sau prezentînd defecțiuni, un incendiu în apropierea recipientului, acesta putînd fi amenințat.

În cazul opririi funcționării, presiunea va fi coborîtă treptat. Recipientul nu va fi deschis decît după ce se va asigura că nu se mai află sub presiune.

Recipientele sub presiune trebuie să fie deservite de personal calificat și căruia i s-a făcut un instructaj special. Operatorii care supraveghează recipientele sub presiune, sînt obligați să cunoască bine vasele deservite, dispozitivele lor de siguranță, manevrarea lor normală sau accidentală cît și măsurile care trebuie luate în caz de defecțiune.

4. Repararea aparatelor de tip coloană

a. Cauzele ce impun repararea aparatelor

În procesul de exploatare capacitatea de lucru a aparatului scade treptat, datorită unei serii de schimbări, care au loc la suprafața materialului de construcție, a recipientului atît la exterior cît și în interiorul acestuia și anume :

Impurificarea suprafeţelor de lucru care duce la micşorarea volumului util, scăderea conductibilităţii termice, creşterea rezistenţelor hidraulice şi scăderea siguranţei în exploatarea utilajului.

Cauzele impurificării suprafeţelor interioare sînt:

– prezenţa unor impurităţi mecanice în produsele prelucrate;

– formarea de cruste datorită depunerii produsului în timpul încălzirii, hidrolizei, formării de răşini, separării de produse de cocsificare din hidrocarburi etc.;

– procesele de coroziune a materialelor de construcţie.

Pierderea etanşeităţii îmbinării diferitelor părţi ale aparaturii micşorează randamentul acestora sau exclude posibilitatea exploatării lor în continuare.

Îmbinările demontabile ale aparaturii din industria chimică şi rafinării sînt cu flanşe.

Pierderea etanşeităţii se datoreşte — în cele mai multe cazuri — acţiunii agresive a mediului asupra garniturii de etanşare precum şi micşorării proprietăţilor elastice ale garniturii şi şuruburilor.

Pierderea etanşeităţii îmbinării fixe (sudate, lipite sau mandrinate) este în general o urmare a deteriorării îmbinării.

Uzura de suprafaţă micşorează grosimea peretelui aparatului şi îl scoate repede din uz dacă la proiectare nu s-a adoptat un adaos suficient pentru aceasta. Uzura de suprafaţă se datoreşte coroziunii, eroziunii şi altor procese legate de prelucrarea mediilor respective.

Se consideră că aparatul nu mai poate fi utilizat dacă grosimea peretelui este sub valoarea grosimii de calcul.

Devieri locale de formă ca: ovalizarea secţiunii, apariţia adînciturilor sau ieşiturilor micşorează siguranţa în exploatare a aparatului.

Cauza devierii formei o constituie scăderea în anumite porţiuni ale aparatului a coeficientului de siguranţă a metalului datorită micşorării caracteristicilor mecanice sub acţiunea supraîncălzirii sau coroziunii locale sau concentrării de eforturi locale.

b. Repararea coloanelor

Tablele care prezintă coroziuni se repară prin acoperiri metalice (cu sudură sau metalizare) sau se înlocuiesc. Tablele înlocuite vor fi din acelaşi material şi de aceeaşi calitate cu cel de bază şi se vor suda cu electrolizi corespunzători.

Coloanele care sînt supuse la presiune hidrostatică sau vid se pot repara prin aplicarea de petice de tablă sudate la exterior.

Ştuţurile corodate se înlocuiesc, nu se repară.

Reparaţia flanşelor constă în încărcarea şi apoi restrunjirea suprafeţelor de etanşare.

Scanned with OKEN Scanner

Echipamentul interior al recipientelor se repară rareori, de obicei piesele degradate se înlocuiesc. Clopoţeii talerelor se curăţă prin ardere sau raşchetare şi dacă nu sînt deformaţi sau cu dinţii rupţi se refolosesc. Talerele propriu-zise se repară prin încărcare cu sudură.

F. NORME TEHNICE DE PROTECŢIA MUNCII

Lucrătorii care participă la operaţii de montare sau manipulări de utilaje, nu vor executa nici o manevră pînă nu vor fi supuşi unui instructaj special privind operaţiile ce urmează a fi executate.

Utilajele se prind în macarale totdeauna deasupra centrului lor de greutate, asigurîndu-se astfel un echilibru stabil.

Fundaţiile macaralelor fixe sau ale stîlpilor de ridicare vor fi suficient de solide şi cu suprafaţa superioară perfect orizontală.

Stîlpii de ridicare sau macaralele turn trebuie să fie ancorate cu minimum patru cabluri, care trebuie fixate la distanţe cît mai mari pentru a nu împiedica operaţiile de ridicare, transport sau montaj. Cablurile de ancoraj nu trebuie să treacă pe deasupra liniilor electrice.

În timpul operaţiilor de ridicare va fi interzis accesul persoanelor în afara personalului de deservire, pe întregul perimetru în care se execută operaţiile de ridicare.

Personalul de deservire nu va staţiona sub sarcina care se ridică sau în zona periculoasă.

Se vor îndepărta din perimetrul de ridicare tuburile cu oxigen, butan, generatoarele de acetilenă, butoaiele cu combustibil etc.

Operaţiile de ridicare se vor efectua numai la comanda conducătorului acţiunii.

Pornirile se vor face lin, fără şocuri, iar ridicarea se va continua cu viteză constantă.

Se va lucra numai ziua, pe lumină şi numai în cazuri extreme la lumina reflectoarelor.

Întreruperea operaţiei se poate face numai după aşezarea utilajului pe fundaţie.

Este interzisă efectuarea de ridicări pe timp cu vînt puternic, ploaie torenţială sau ceaţă deasă.

În timpul exploatării coloanelor care lucrează în instalaţii cu medii toxice lucrătorii vor purta mască.

Coloanele trebuie să fie prevăzute cu scări sau prăjini de salvare pentru caz de incendiu.

Coloanele de fracţionare, reactoare etc., se deschid numai după golirea produselor şi după o aburire de minimum 6 h, după care se spală şi se răcesc.

Intrarea în coloane pentru executarea lucrărilor de curăţire şi control, se face numai după ce proba de gaze indică lipsa de gaze toxice sau inflamabile

și procentul admis de oxigen, putîndu-se începe lucrul cu scule care nu provoacă scîntei și fără a se fuma.

Lucrările de reparație cu foc (sudarea) sau cu provocare de scîntei se vor putea începe numai după avizul șefului instalației în baza probei de gaze

Întrebări recapitulative

1. Ce tipuri de evaporatoare cunoașteți și prin ce se caracterizează ele ?
2. Cum funcționează coloanele cu talere, cu clopote ?
3. Ce tipuri de coloane de distilare și rectificare cunoașteți ?
4. Care este rolul funcțional și caraateristicile comerelor de cocsare ?
5. Ce sînt reactoarele ? Cîte tipuri cunoașteți ? importanța lor.
6. Ce sînt regeneratoarele ? Ce utilizare au ?
7. Ce tipuri de adsorbere cunoașteți și cum funcționează ele ? Dar absorberele ?
8. Ce metode de montare a aparaturii cunoașteți ?
9. Cum se face probarea și recepționarea recipientelor sub presiune ?
10. În ce constă repararea aparatelor de tip coloană ?

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul VI APARATE DE SCHIMB DE CĂLDURĂ

A. GENERALITĂȚI

Se numesc schimbătoare de căldură aparatele folosite pentru transmiterea căldurii de la un agent termic mai cald la un agent termic mai puțin cald. Prin agenți termici se înțeleg substanțele lichide și gazoase care participă la schimbul de căldură.

În industria chimică și în rafinării, schimbătoarele de căldură se utilizează pe scară largă, atît ca agregate independente, cît și ca părți de alte aparate și instalații, deoarece majoritatea proceselor tehnologice sînt însoțite de degajări de căldură sau absorbție de căldură.

B. CLASIFICAREA SCHIMBĂTOARELOR DE CĂLDURĂ

1. După configurația suprafețelor de încălzire

Schimbătoare de căldură cu *serpentină*, ale căror suprafețe de încălzire sînt compuse din serpentine:

– înecate (fig. 154);

– cu stropire.

Schimbătoare de căldură *tubulare* a căror suprafață de încălzire este compusă din țevi drepte:

– țeavă în țeavă (fig. 155, *a*;)

– cu fascicul de țevi (fig. 155, *b*).

Schimbătoare de căldură *executate din tablă*:

– cu perete plan;

– spirale;

– cu cămașă la care suprafața de încălzire este reprezentată de pereții aparatului.

Schimbătoare de căldură cu țevi cu aripioare folosite în special pentru încălzirea aerului sau răcirea gazelor.

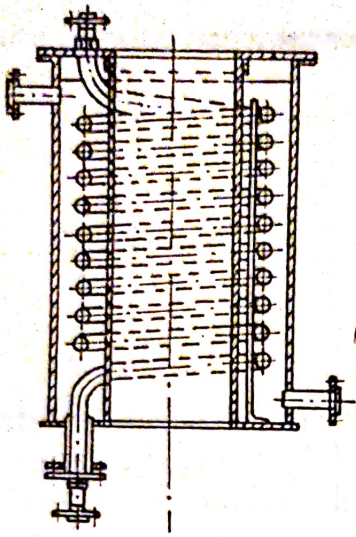


Fig. 154. Schimbător de căldură cu serpentină înecată.

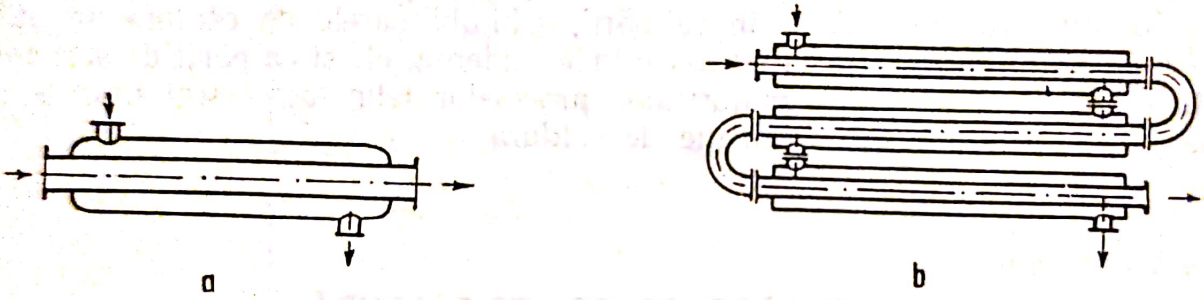


Fig. 155. Schimbătoare de căldură țeavă în țeavă:
a — cu un element; *b* — compus din mai multe elemente legate în serie.

2. După modul de preluare a dilatațiilor termice

Schimbătoarele de căldură tubulare pot fi:
— de construcție rigidă care nu permit compensarea dilatărilor țevilor sau mantalelor (fig. 156, *a*);
— cu compensator elastic (fig. 156, *b*) care permit compensarea limitată a dilatărilor mantalelor și țevilor;
— cu cap mobil (fig. 156, *c*);
— cu fascicul de țevi în U (fig. 156, *d*).
Ultimele două tipuri de schimbătoare de căldură se caracterizează prin deplasarea liberă a fasciculului.

3. După numărul trecerilor

Schimbătoare cu o trecere în care agenții termici se deplasează într-un singur sens, fără să-și schimbe sensul de mișcare.
Schimbătoare cu două sau mai multe treceri în care agenții termici se deplasează pe mai multe căi, schimbîndu-se succesiv sensul de mișcare.

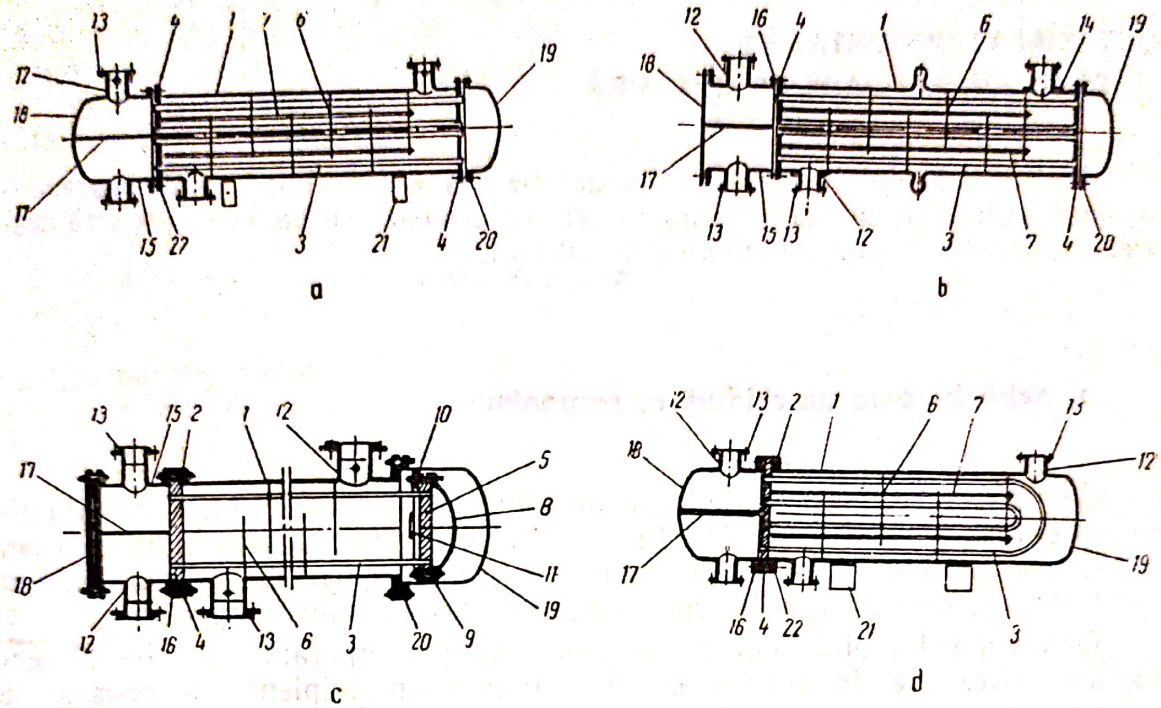


Fig. 156. Schimbătoare de căldură cu fascicul tubular:

a — construcție rigidă; *b* — cu compensator elastic; *c* — cu cap mobil; *d* — cu țevi în U; *1* — manta; *2* — flanșa mantalei; *3* — țeavă; *4* — placă tubulară; *5* — placă tubulară mobilă; *6* — șicană transversală; *7* — tija de distanțare; *8* — capacul capului mobil; *9* — flanșa capului mobil; *10* — semiinel; *11* — închizător; *12* — racord; *13* — flanșa racordului; *14* — inel de întărire; *15* — virolă de capăt; *16* — flanșa camerei de capăt; *17* — șicană în camera de capăt; *18* și *19* — capacul camerei de capăt; *20* — flanșă; *21* — suport; *22* — garnitură de etanșare.

4. După materialul de construcție

Schimbătoarele metalice.

Schimbătoarele nemetalice (materiale ceramice, grafit) au rezistență bună la agenții agresivi și au în același timp coeficient de conductivitate termică mare.

Schimbătoarele combinate.

Schimbătoarele de căldură se montează în poziție verticală, orizontală sau înclinată, suporturile construindu-se în mod corespunzător. Cerințele tehnologice pot impune ca schimbătoarele să fie montate individual sau în baterie. Se utilizează montarea în baterie în special a schimbătoarelor de căldură orizontale în scopul de a economisi spațiul de amplasare și în același timp se leagă în serie (fig. 155, *b*).

Scanned with OKEN Scanner

C. TIPURI REPREZENTATIVE DE SCHIMBĂTOARE DE CĂLDURĂ

Pentru a cunoaşte prin ce se caracterizează fiecare din tipurile reprezentative de schimbătoare de căldură în cele ce urmează se va face o scurtă descriere a fiecărui tip de schimbător de căldură.

1. Schimbătoare de căldură cu serpentină

Cel mai vechi tip de schimbător de căldură este schimbătorul de căldură cu serpentină înecată (fig. 154). El este format dintr-o spirală cilindrică sau plană, executată din ţeavă şi introdusă într-un recipient în care circulă un agent termic, celălalt agent termic este introdus în ţeava serpentinei.

Datorită volumului mare al recipientului, în comparaţie cu volumul serpentinei, viteza de circulaţie a agentului termic din recipient este mică şi de aceea aceste tipuri de schimbătoare sînt puţin eficiente şi au dimensiuni mari.

Prezintă avantajul unei construcţii simple, preţ de cost mic şi posibilitatea executării din materiale uzuale (oţeluri carbon), capacitatea de a prelua presiuni mari în serpentină, sensibilitate mică faţă de variaţii de regim.

Schimbătoarele de căldură cu serpentină se utilizează des ca suprafaţă de schimb de căldură la vasele de reacţie.

O serie de rezervoare destinate păstrării produselor petroliere cu punct de congelare scăzut sînt prevăzute la interior cu serpentină prin care se introduce apă caldă sau abur pentru încălzirea produsului. Aceste serpentine pot fi considerate ca schimbătoare de căldură.

2. Schimbătoare de căldură ţeavă în ţeavă

Schimbătoarele de căldură ţeavă în ţeavă, sînt de fapt schimbătoare de căldură tubulare la care fasciculul de ţevi s-a redus la o singură ţeavă (fig. 155).

Alegînd diametrul ţevii exterioare, se poate uşor obţine la aceste schimbătoare de căldură o suprafaţă mică a secţiunii transversale pentru spaţiul dintre ţevi şi se poate ajunge la viteze înalte şi la coeficienţi mari de transfer caloric pe ambele părţi ale ţevii interioare. Prin aceasta consumul de agenţi termici poate fi foarte mic. Schimbătoarele de căldură ţeavă în ţeavă sînt în contracurent şi pot lucra atît ca răcitoare cît şi ca încălzitoare.

Scanned with OKEN Scanner

În cazul unor consumuri mari de agenţi termici, schimbătoarele de căldură ţeavă în ţeavă se compun din cîteva secţii racordate paralel. Vitezele înalte de circulaţie ale agenţilor termici împiedică depunerile de precipitaţii.

Construcţia este foarte simplă şi consumul de metal în comparaţie cu alte construcţii de acelaşi tip, este minim.

3. Schimbătoare de căldură tubulare

a. Schimbătorul de căldură de construcţie rigidă

Acesta este format din cîteva ţevi (fascicul de ţevi, fig. 156, *a*) fixate ermetic în plăci tubulare care sînt sudate la ambele capete ale mantalei. Montarea limitează spaţiul dintre ţevi. Introducerea şi evacurea agenţilor termici în ţevi şi în spaţiul dintre ţevi se efectuează prin ştuţurile din capace şi din mantaua schimbătorului de căldură.

Această construcţie simplă şi ieftină are cîteva particularităţi. La o suprafaţă mare de schimb de căldură se obţine o secţiune considerabilă a spaţiului dintre ţevi, ceea ce îngreuiază obţinerea vitezelor dorite pentru agenţii termici, în cazul consumurilor mici şi medii.

Pentru mărirea vitezei şi a turbulenţei curentului de agent termic, în spaţiul dintre ţevi se montează şicane. Mărind viteza agentului termic şi îndreptîndu-l perpendicular pe ţeavă, şicanele îmbunătăţesc transferul de căldură în spaţiul dintre ţevi. Prin amplasarea şicanelor perpendicular pe ţeavă, schimbătorul rămîne cu o singură trecere în spaţiul intertubular.

Mai raţional este ca schimbătorul de căldură să fie transformat în schimbător de căldură cu mai multe treceri în ce priveşte spaţiul din ţevi. Este suficient ca în camera de intrare să fie amplasată o şicană care împarte fasciculul de ţevi în două părţi, pentru a obţine două treceri în spaţiul din ţevi.

Numărul de ţevi pentru fiecare trecere se ia aproximativ egal. Nu se recomandă să se facă un număr prea mare de treceri, deoarce şicanele ocupă o parte mare din suprafaţa plăcii tubulare şi din această cauză pe ea se amplasează un număr mai mic de ţevi. În cazul cînd ţevile sînt dispuse în placa tubulară în exagon se recomandă ca numărul de treceri în spaţiul tubular să fie 2,3 sau 6, variante care măresc cel mai puţin dimensiunea plăcii tubulare faţă de varianta cu o singură trecere.

Schimbătoarele de căldură tubulare de construcţie rigidă sînt simple, compacte, relativ ieftine şi răspîndite, dar nu pot fi utilizate întotdeauna. Utilizarea lor este limitată de tensiunile prea mari care apar din cauza diferenţei de temperaturi între fasciculul tubular şi manta. În plus curăţirea mecanică a spaţiului dintre ţevi nu este posibilă la schimbătoarele tubulare rigide.

Scanned with OKEN Scanner

b. Schimbătorul de căldură cu compensator elastic

Se folosește în cazul cînd calculul arată că tensiunile care iau naștere în manta sau în țevi sînt prea mari și în cazul cînd există pericolul smulgerii țevilor din mandrinare (fig. 156, *b*).

Elementul elastic se amplasează pe manta și este de obicei un compensator lenticular (v. fig. 54) și numai în cazuri foarte rare se utilizează alte forme.

Schimbătoarele de căldură cu compensator lenticular se utilizează numai pentru presiuni relativ mici (pînă la maximum 6 kgf/cm²), deoarece la presiuni mari se resimte creșterea forțelor longitudinale din cauza creșterii suprafeței pe care acționează presiunea interioară.

Montarea elementelor elastice nu exclude complet lungirea termică, dar o reduce cu atît mai mult cu cît elementul este mai elastic și cu cît este mai mică forța de reacțiune care apare în el la deformația dată.

c. Schimbătorul de căldură cu cap mobil

Acesta folosește ca procedeu de compensare a tensiunilor care apar din cauza dilatărilor termice procedeul *deplasărilor libere* (fig. 156, *c*).

La schimbătoarele de căldură tubulare cu cap mobil, fasciculul de țevi individuale este legat de manta numai la un capăt, dînd țevilor și mantalei posibilitatea de a se dilata independent una de alta. La capătul celălalt țevile se fixează în placa tubulară care se deplasează împreună cu capacul colectiv cu care formează împreună *capacul mobil.*

d. Schimbătorul de căldură tubular cu țevi în formă de U

Este tot de construcție elastică ca și cel cu cap mobil (fig. 156, *d*). Acest tip de schimbător de căldură prezintă următoarele particularități avantajoase:

– o construcție mai ușoară a aparatului, care are un singur cap și o singură placă tubulară;

– fasciculul tubular se scoate relativ ușor din mantaua aparatului, permițînd o curățire ușoară a suprafeței exterioare a țevilor;

– condiții favorabile pentru transmiterea căldurii datorită existenței a cel puțin două treceri în spațiul din intervalul țevilor.

În același timp acest tip de schimbător prezintă și unele dezavantaje, fapt care impune o atenție deosebită la alegerea unui asemenea schimbător;

– dificultatea curățirii suprafeței interioare a țevilor;

– necesitatea unei dispoziții speciale a țevilor în placa tubulară, mai ales dacă numărul lor este mare.

Scanned with OKEN Scanner

e. Schimbătorul de căldură tubular cu manta și spațiu de vapori

Acesta are rol de încălzitor sau refierbător și se utilizează în rafinării ca evaporator pentru produsele petroliere sau ca încălzitoare a acestora în fază lichidă (v. fig. 133).

4. Schimbătoare de căldură executate din tablă

Schimbătoarele de căldură spirale sînt executate din două plăci metalice îndoite în spirală și închise la părțile frontale prin capace speciale.

Ele sînt compacte, au un consum mic de metal pe unitatea de cantitate de căldură transmisă, au un volum mic la un metru pătrat de suprafață de schimb de căldură, pot realiza viteze de deplasare ale agenților termici destul de mari și au rezistențe hidraulice în canale, mici.

Aceste schimbătoare de căldură nu au o răspîndire prea mare în industrie deoarece execuția este destul de complicată, curățirea se face mai greu, etanșarea dintre părțile frontale ale plăcilor care formează suprafața de schimb de căldură și capace nu este prea sigură și nu se pot folosi pentru presiuni peste 10 kgf/cm^2.

Schimbătoarele de căldură cu cămăși (v. fig. 95) se utilizează în cazul cînd amplasarea fasciculului de țevi în interiorul aparatului împiedică funcționarea agitatoarelor sau altor mecanisme ale aparatului. Cămașa acoperă mantaua și fundul aparatului creind între acestea un spațiu prin care circulă un agent termic. Ca agenți termici de încălzire se folosesc vapori de apă saturați, apă fierbinte, agenți termici organici cu temperaturi înalte, difenil etc.; pentru răcire se utilizează apă sau saramuri.

Aburul se introduce prin ștuțul superior, iar condensatul este evacuat prin ștuțul inferior. Dimpotrivă, lichidele de răcire sau agenții termici organici se introduc pe la partea inferioară și sînt evacuați pe la partea superioară pentru ca totdeuna cămașa să fie umplută cu lichid.

La partea superioară a cămășii sînt prevăzute ștuțuri (uneori numai dopuri) pentru aerisire și pentru racordarea manometrului.

Marginea superioară a cămășii trebuie să se găsească mai sus de nivelul lichidului sau a produsului din aparat de obicei imediat sub flanșa aparatului.

Scanned with OKEN Scanner

O altă metodă de transmitere a căldurii la (sau de la) aparate este cu ajutorul canalelor de circulaţie ale agenţilor termici executate din jumătăţi de ţevi şi din oţel profilat.

Schimbătoarele de căldură montate direct pe reactoare (aparate) se folosesc numai la sarcini termice mici pentru încălzirea sau răcirea unor produse vîscoase, ca şi în canalele în care variaţia temperaturii produsului este strîns legată de reacţiile chimice care au loc în aparat.

5. Schimbătoare de căldură combinate

În anumite cazuri, este raţional să se folosească schimbătoarele de căldură care reprezintă o combinare între diferitele tipuri de aparate. Un exemplu îl constituie condensatoarele din instalaţiile de distilare în care după condensarea vaporilor este necesară răcirea fazei lichide a condensatului. În acest caz se poate folosi un schimător de căldură combinat (fig. 157). Schimbătorul de căldură este format dintr-un fascicul de ţevi la partea superioară şi o serpentină aşezate într-un corp comun.

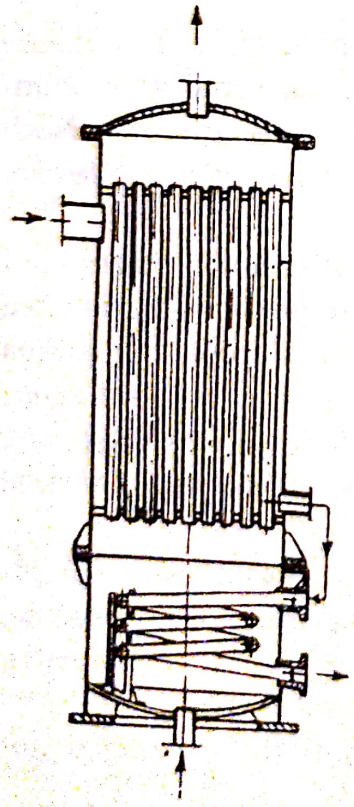


Fig. 157. Schimbător de căldură combinat.

Vaporii intră pe la partea superioară a fasciculului şi se condensează în spaţiul dintre ţevi, unde condiţiile de trecere a căldurii la condensarea vaporilor sînt foarte favorabile şi practic independente de viteza de deplasare a agentului termic. Faza lichidă — condensatul — are însă nevoie, pentru răcirea ulterioară, de o viteză de deplasare destul de mare, care poate fi obţinută prin trecerea lichidului printr-o serpentină aşezată la partea inferioară a aparatului.

Apa de răcire intră în schimbătorul de căldură pe la partea inferioară, trece mai întîi pe lîngă serpentină, iar apoi în spaţiul din interiorul ţevilor fasciculului.

Scanned with OKEN Scanner

D. ELEMENTE CONSTRUCTIVE ALE SCHIMBĂTOARELOR DE CĂLDURĂ TUBULARE

Cele mai răspîndite schimbătoare de căldură sînt cele tubulare (v. fig. 156). Indiferent de destinaţia lor tehnologică, schimbătoarele de căldură tubulare sînt compuse din ansambluri şi piese tip. Dintre acestea fac parte: ţevile (fasciculele de ţevi) schimbătoarelor de căldură, plăcile tubulare, mantalele, colectoarele, capacele şi fundurile, pereţii despărţitori (şicanele), flanşele, racordurile, suporturile.

1. Ţevile

Ţevile reprezintă principalul ansamblu constructiv al schimbătoarelor de căldură. Fasciculul de ţevi este un mănunchi de ţevi fixate în plăcile tubulare.

Diametrele nominale (interioare) care se întîlnesc în practică sînt cuprinse între 6 şi 100 mm. Diametrele mici sînt realizate de ţevi din cupru, iar diametrele mari de tuburi din fontă. Ţevile din oţel carbon sau oţel aliat au diametre nominale cuprinse între 15 şi 70 mm.

Grosimea peretelui ţevilor este cuprinsă între 1,5 şi 4 mm. Din punct de vedere al transferului de căldură şi al economiei de material, grosimea trebuie să fie cît mai mică. Grosimea este condiţionată de posibilităţile execuţiei unei mandrinări etanşe, de rezistenţa mecanică şi de eventualele adaosuri de coroziune.

Ţevile din oţel utilizate cel mai frecvent au dimensiunile (mm): 25×2; 38×2; $57\times2{,}5$, unde primul număr indică diametrul nominal (exterior) şi al doilea grosimea peretelui.

Ţevile trebuie să fie laminate fără cusătură.

Materialul ţevilor este determinat de agresivitatea agenţilor termici. Pentru mediile neagresive se folosesc ţevi nesudate din OLT 35 sau OLT 45; pentru agenţi termici agresivi, ţevi nesudate din oţeluri slab aliate (OAT), din oţeluri înalt aliate inoxidabile de tipul 18.8 sau metale neferoase: cupru, aluminiu.

În cazul unor condiţii de agresivitate specială a mediului se pot folosi ţevi turnate din fonte, ferosiliciu, executate din ceramică, material plastic sau grafit.

Lungimea ţevilor variază între 1 000 şi 6 000 mm. În cazul fasciculelor în U, lungimea poate depăşi 6 000 mm şi dacă lungimea desfăşurată a ţevii

Scanned with OKEN Scanner

depăşeşte lungimea de fabricaţie a ţevii, se poate recurge la suduri transversale în număr de cel mult două de fiecare ţeavă, amplasate astfel încît să nu fie solicitate la încovoiere. În cazul fasciculelor cu ţevi drepte nu este admisă sudarea ţevilor.

Pasul ţevilor (distanţa între centrele ţevilor) este dat de relaţia:

$$t=(1{,}25\ldots1{,}35)\,d\,; \tag{145}$$

în cazul ţevilor din oţel şi

$$t=1{,}2\ d, \tag{146}$$

în cazul ţevilor din cupru sau alamă.

În tabela 12 se indică mărimea pasului normalizat.

Tabela 12

Pasul normalizat

Diametrul exterior al ţevii mm	Pasul mm
16	21
25	32
38	48
57	70

Mărimea pasului stabilită fie cu formulele 145 sau 146 fie luată din tabela 12, este valabilă în totalitate numai în cazul schimbătoarelor de căldură cu o singură trecere. În cazul în care cerinţele funcţionale impun o viteză mai mare a fluidului din ţevi, se recurge la aparate cu mai multe treceri, cu pereţi despărţitori aşezaţi în capace. Deoarece pereţii despărţitori, cu garnitura lor de etanşare, nu se încadrează în spaţiul limitat dintre două rînduri de ţevi, pasul dintre ţevi în dreptul şicanelor se va mări în mod corespunzător.

2. Plăcile tubulare

Plăcile servesc pentru unirea ţevilor într-un fascicul. Ele se execută din tablă de oţel.

Repartiţia ţevilor schimbătoarelor de căldură tubulare se face uniform pe secţiune, urmărindu-se o bună utilizare a suprafeţei plăcii tubulare. Ţevile se dispun în cercuri concentrice (fig. 158, *a*) în pătrat (fig. 158, *b*) sau în hexagon (fig. 158, *c*).

În cazul curăţirii, spaţiul tubular este accesibil din două direcţii la dispunerea în pătrate a ţevilor şi din trei direcţii la dispunerea în hexagon.

Dispunerea în hexagon corespunde utilizării optime a secţiunii. Ţevile se aşază cît mai aproape una de alta, ceea ce determină o viteză sporită de cir-

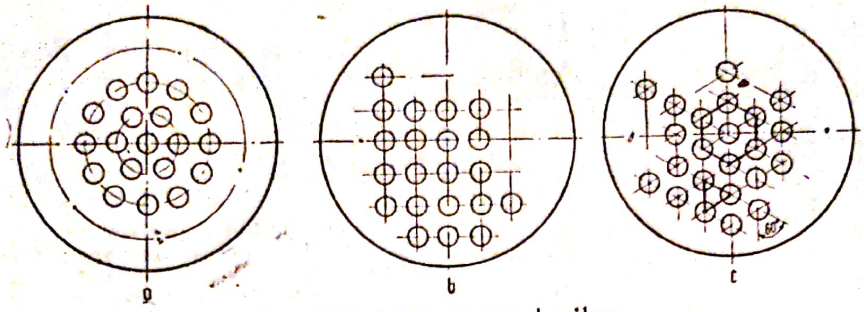


Fig. 158. Dispunerea țevilor.

culație a fluidului în spațiul intertubular. Utilizarea cea mai largă o are datorită acestor cauze dispunerea în hexagon.

Șicanele se așază fie radial (fig. 159, *a*) în cazul țevilor dispuse în hexagon, fie paralel (fig. 159, *b*) în cazul țevilor dispuse în pătrat.

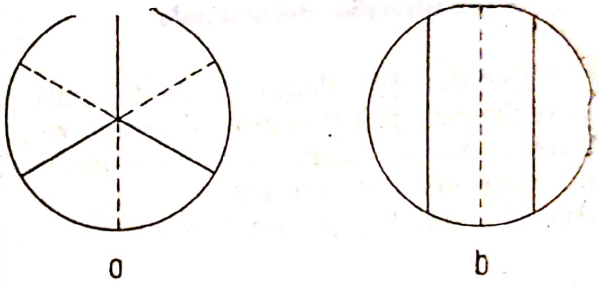


Fig. 159. Așezarea șicanelor.

Îmbinarea dintre țevi și placa tubulară trebuie să fie etanșă și rezistentă, deoarece este supusă eforturilor axiale, care apar datorită presiunii din aparat și din cauza diferențelor de temperatură dintre elementele sistemului.

Fixarea țevilor în placa tubulară se face prin : mandrinare, sudare, construcții demontabile sau lipire cu adezivi organici.

a. Mandrinarea

Mandrinarea este cea mai veche metodă de îmbinare și cea mai folosită la construcția schimbătoarelor de căldură tubulare și a cazanelor de abur.

Se realizează așa cum s-a arătat în capitolul II.

b. Sudarea

Sudarea țevilor de plăcile tubulare este o metodă care se aplică din ce în ce mai mult. Condiția de bază pentru ca să se poată aplica sudarea este ca atît materialul plăcii cît și materialul țevii să fie sudabile și să aibă compoziția chimică, structura și caracteristicile fizico-mecanice cît mai apropiate.

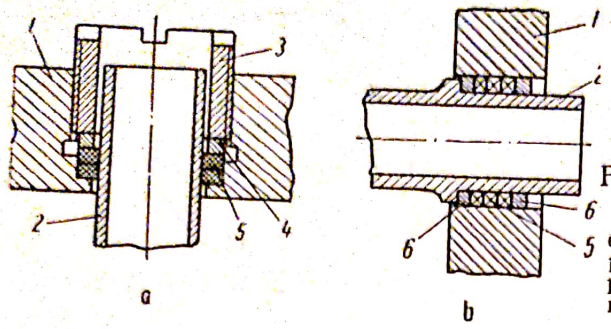


Fig. 160. Îmbinări demontabile placă tubulară — țeavă:
a — cu piuliță tubulară; *b* — cu inel din plumb; *1* — placă tubulară; *2* — țeavă; *3* — piuliță tubulară; *4* — rondelă metalică; *5* — rondele de cauciuc moale; *6* — inel de plumb.

c. Construcțiile demontabile

Construcțiile demontabile de fixare a țevilor în plăcile tubulare (v. fig. 160) se realizează printr-o cutie de etanșare (v. fig. 66) care permite deplasarea liberă a țevii. Această construcție este indicată în cazul sistemelor tubulare largi care necesită demontarea frecventă a țevilor pentru curățire sau pentru înlocuire. Această construcție nu poate prelua sarcini axiale.

d. Lipiturile moi

Aceste lipituri reprezintă metoda de asamblare a țevilor cu plăcile tubulare cînd atît țevile cît și plăcile tubulare sînt executate din cupru sau alamă.

e. Lipituri sau încleieri cu chituri sau adezivi organici

Aceste lipituri se utilizează în cazul asamblării aparatelor din material pe bază de grafit.

3. Mantaua și îmbinarea ei cu placa tubulară

Mantaua sau corpul schimbător de căldură tubulare delimitează împreună cu suprafața exterioară a țevilor, spațiul intertubular al aparatelor.

Diametrul mantalei se stabilește astfel încît în interiorul ei să poată fi amplasat numărul necesar de țevi și să rămînă jocuri mici între țevi și manta.

Grosimea uzuală a mantalelor este cuprinsă între 4 și 12 mm și se calculează în funcție de presiunea din spațiul intertubular.

Scanned with OKEN Scanner

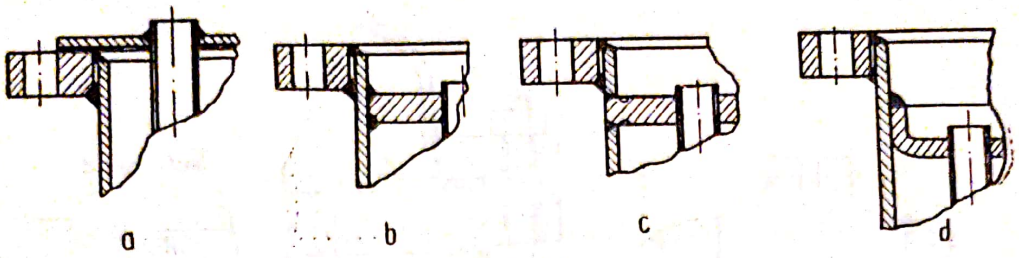


Fig. 161. Plăci tubulare simple :
a — prinse între flanșe ; *b*, *c*, *d* — sudate de manta.

Mantaua se execută din oțeluri carbon sau în cazul unor medii agresive (corosive) din oțeluri înalt aliate de tipul 18.8.

Îmbinarea dintre manta și placa tubulară diferă în funcție de tipul plăcii tubulare.

În cazul plăcilor tubulare simple (care nu au și rol de flanșă) îmbinarea cu mantaua poate lua una din formele indicate în figura 161.

Se recomandă folosirea plăcilor tubulare simple care sînt relativ subțiri și deci ușoare, în special în cazul schimbătoarelor prin care se vehiculează medii corosive și este necesară confecționarea plăcilor tubulare din oțeluri înalt aliate (inoxidabile) de tipul 18.8, care sînt relativ scumpe.

Varianta din figura 161, *a* se recomandă în cazul cînd mediul agresiv circulă prin interiorul țevilor, iar variantele din figura 161, *b*, *c* și *d*, în cazul cînd mediul agresiv circulă în spațiul intertubular. La toate aceste variante flanșa care se sudează de manta se execută din oțel carbon.

Plăcile tubulare care servesc și ca flanșe (fig. 162) sînt sensibil mai groase decît plăcile tubulare simple, la dimensiuni egale ale fasciculului tubular și la aceeași presiune. Ele au grosimi cuprinse între 20 și 120 mm și chiar mai mult uneori. Această soluție simplifică construcția aparatului pentru că nu

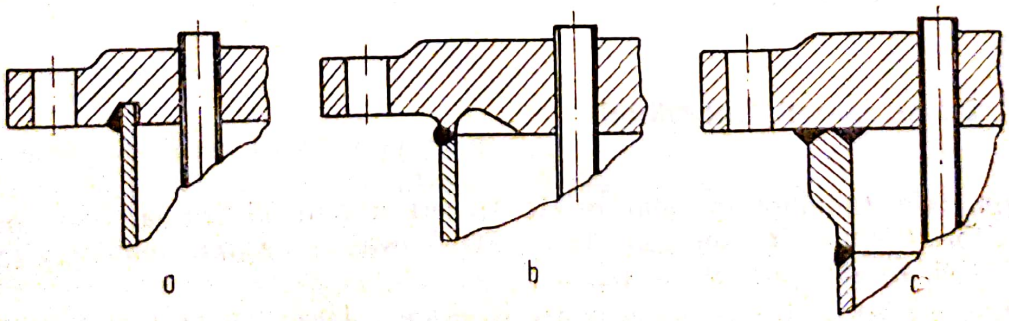


Fig. 162. Plăci tubulare servind și ca flanșe :
a — îmbinare ușoară ; *b* — îmbinare grea ; *c* — manta cu capăt îngroșat.

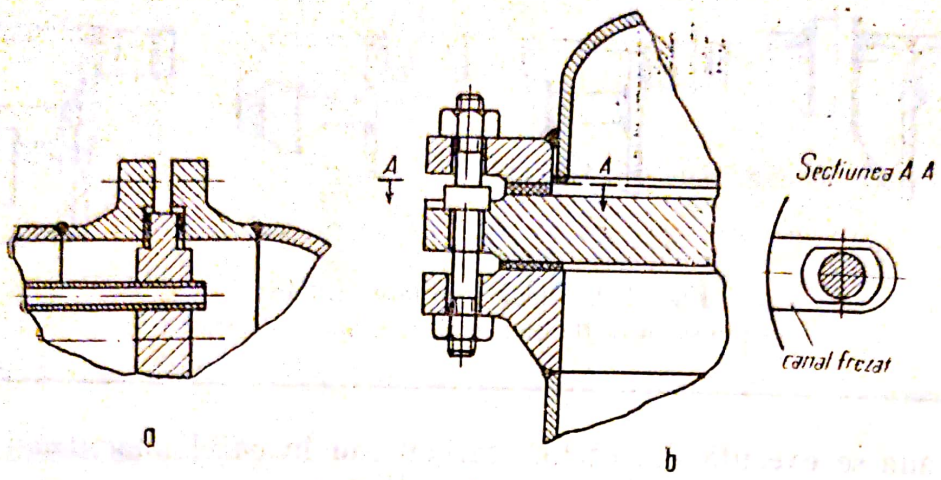


Fig. 163. Îmbinări semidemontabile ale plăcii tubulare.
a — între flanșe ; *b* — cu șurub cu guler.

necesită prezența unor flanșe de legătură pe manta. În acest caz însă, placa tubulară este nedemontabilă, ceea ce face imposibilă scoaterea țevilor pentru revizie sau curățire.

Ele sînt recomandate în cazul schimbătoarelor de căldură la care prin spațiul intertubular circulă fluide relativ curate ce nu depun impurități.

În cazul asamblării unei plăci tubulare dintr-un material (ex. fontă cenușie sau bronz) cu o manta din alt material (ex. oțel-carbon) care nu se pot suda între ele se poate realiza una din construcțiile prezentate în figura 163.

Varianta din figura 163, *a* se folosește în mod curent și pentru aparatele tubulare cu țevi în U. În cazul figurii 163, *b*, pentru ca la demontarea capacului să nu se desfacă îmbinarea dintre manta și placă, se utilizează un șurub prizonier special cu cap la mijloc, care preîntîmpină rotirea lui la strîngerea sau deșurubarea piulițelor.

4. Șicane (pereți despărțitori)

Aparatele tubulare cu mai multe treceri impun utilizarea unor pereți despărțitori (șicane) în camerele de capăt. Acestea se așază după caz radial (v. fig. 159, *a*) sau paralel (v. fig. 159, *b*).

Etanșeitatea dintre șicană și capac se asigură fără dificultate prin sudare. Între șicană și placa tubulară însă trebuie utilizate garnituri alese în raport cu temperatura și natura mediului de lucru (clingherit, cauciuc etc.). În scopul fixării garniturilor, trebuie să se prevadă șănțulețe pe placa tubulară (fig. 164).

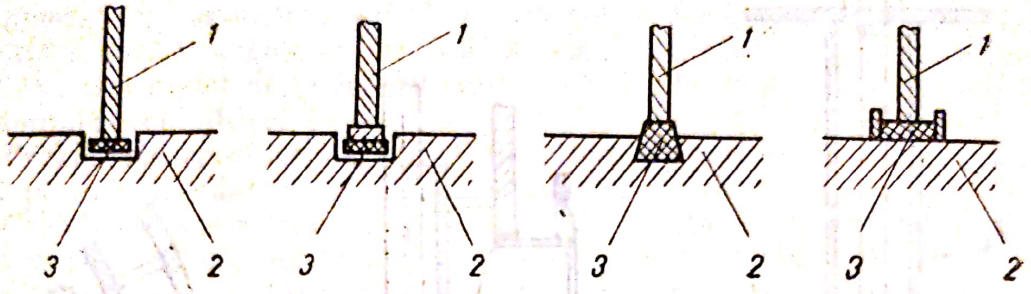


Fig. 164. Forme constructive de etanșare a șicanelor:
1 — șicană ; *2* — placă tubulară ; *3* — garnitură.

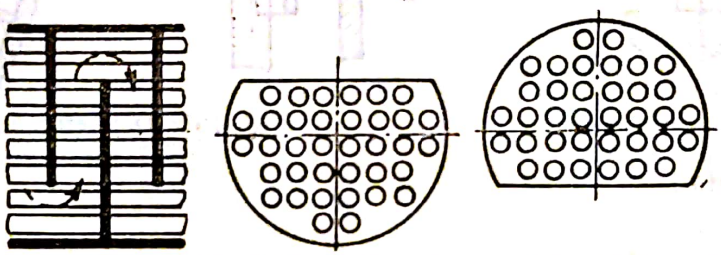


Fig. 165. Pereți despărțitori în formă de segmenți.

În spațiul intertubular, șicanele se așază perpendicular pe țevi (fig. 165) la distanța:

$$L=(0{,}2\ldots1{,}0)\ D.$$

Găurile pentru trecerea țevilor prin șicană se fac cu diametrul:

$$d_t\approx1{,}05\ d_e \qquad (147)$$

unde:

d_e este diametrul exterior al țevii.

Grosimea șicanelor variază între 3 și 5 mm, în raport cu mărimea aparatului.

În cazul aparatelor cu țevi lungi, montate orizontal, șicanele constituie reazeme care micșorează săgeata țevilor.

Poziția relativă a șicanelor transversale se asigură cu ajutorul unor distanțiere din țeavă montate pe cîte o tije (fig. 166). În placa tubulară *1* se fixează prin înșurubare tija *2*, iar între placa tubulară și șicana *3* se introduce un distanțier *4* din țeavă. Pe capătul celălalt al tijei se înșurubează o piuliță care strînge șicanele între distanțiere.

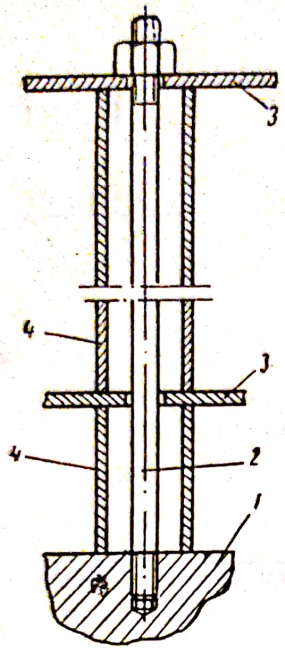


Fig. 166. Distanțarea pereților despărțitori.

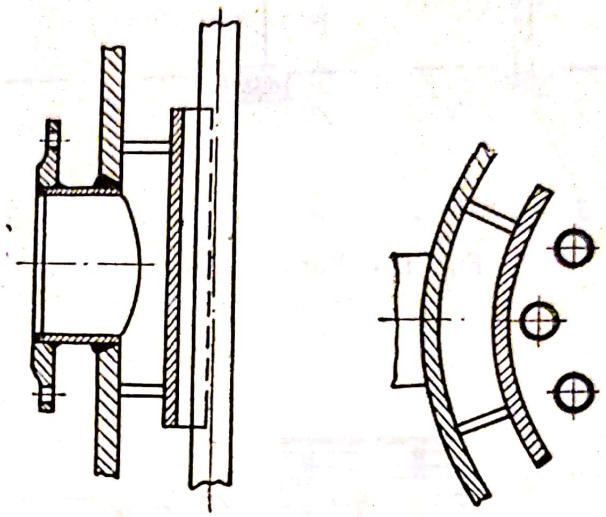


Fig. 167. Deflector.

5. Deflectoare

Jeturile de fluid cu viteză mare (de exemplu jeturi de abur) pot eroda țevile în dreptul racordului respectiv. Ca măsură de protecție, se introduce un deflector, așa cum rezultă din figura 167. Deflectorul constă dintr-o tablă așezată între țevi și racord care depășește dimensiunile racordului și este fixată de manta (sau fund) prin intermediul unor gusee.

6. Mufe cu dopuri pentru aerisire sau scurgere (golire)

Aerisirea (periodică) a spațiilor inter sau intratubulare se asigură prin mufe (v. fig. 111) cu dop filetat.

Astfel de racorduri pot servi și la golire (purjare). Cel puțin unul din elementele racordului trebuie să fie executat din material care nu ruginește. Astfel în mantaua din oțel-carbon se sudează mufa din oțel-carbon, însă dopul se execută din alamă sau din oțel anticorosiv.

Scanned with OKEN Scanner

E. CALCULUL SCHIMBĂTOARELOR DE CĂLDURĂ TUBULARE

Mantalele, capacele (fundurile), flanşele şi şuruburile care intră în componenţa schimbătoarelor de căldură se calculează aşa cum s-a arătat în capitolul IV. Din punct de vedere al rezistenţei, ţevile fiind cilindri, se pot calcula ca mantalele cilindrice.

Problemele specifice de calcul ale schimbătoarelor de căldură sînt : calculul plăcilor tubulare şi al compensatoarelor de dilataţie.

Calculul plăcilor tubulare se reduce în esenţă la determinarea şi verificarea grosimii plăcii. Aceasta este solicitată de presiunea din aparat, de sarcinile provenite din diferenţa dintre temperatura de montaj şi temperatura de lucru şi, în cazul cînd are şi rol de flanşă, de solicitările corespunzătoare din zona de la margine. Grosimea plăcii trebuie să fie astfel aleasă încît să asigure fixarea ţevilor îndeosebi cînd acestea sînt mandrinate. În condiţiile acestor solicitări complexe, placa trebuie să îndeplinească şi condiţia de rezistenţă la coroziune.

1. Calculul plăcilor tubulare ale schimbătoarelor de căldură tubulare rigide

Se consideră construcţia reprezentată în figura 168, placa tubulară avînd şi rolul de flanşă.

La deducerea relaţiilor de calcul se admit următoarele ipoteze :

– ţevile din schimbătorul de căldură sînt perfect drepte şi pot fi supuse numai la întindere şi la încovoiere. Posibilitatea flambajului longitudinal al ţevilor este exclusă, datorită folosirii în spaţiul dintre ţevi a pereţilor despărţitori ;

– rigiditatea plăcilor tubulare este atît de mare în regiunea în care sînt aşezate ţevile, încît plăcile rămîn perfect plane şi ele se deformează numai la marginile exterioare, dincolo de circumferinţa în care sînt aşezate ţevile. Această ipoteză duce la o oarecare supraevaluare a rigidităţii sistemului şi prin urmare la o supraevaluare a solicitării axiale, provocată de

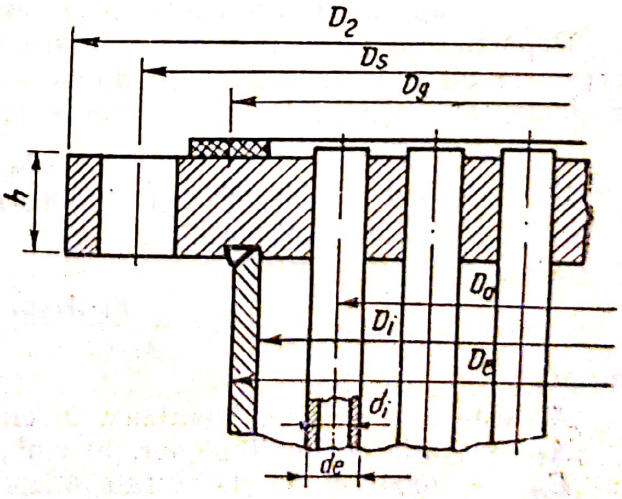


Fig. 168. Schemă pentru calculul plăcilor tubulare.

diferența de temperatură dintre corpul aparatului și țevi.

Din această cauză, solicitările calculate sînt mai mari și rezultatele calculului au un coeficient de siguranță mai mare.

a. Solicitările axiale datorită presiunilor de lucru din aparat

Forțele axiale care apar în fasciculul de țevi sub acțiunea presiunii mediului și care tind să rupă țevile sau să le desprindă de plăcile tubulare sînt date de relația:

$$F_1 = \frac{\pi}{4}\left(D_i^2 - n \cdot d_e^2\right) p_m + \frac{\pi}{4} n \cdot d \cdot p_t \quad [\text{kgf}] \tag{148}$$

în care:

p_m este presiunea mediului în spațiul dintre țevi (din manta), în kgf/cm²;
p_t — presiunea mediului în spațiul din interiorul țevilor, în kgf/cm²
D_i — diametrul interior al mantalei, în cm;
n — numărul de țevi;
d_e — diametrul exterior al țevilor, în cm;
d_i — diametrul interior al țevilor, în cm.

Efortul axial F_1 este preluat de manta F_m și de țevi F_t, astfel încît:

$$F_1 = F_m + F_t \quad [\text{kgf}] \tag{149}$$

în care:

F_m este forța axială care apare în manta, datorită presiunii mediului din aparat și care caută să o desprindă de placa tubulară;
F_t — forța axială care apare în țevi, datorită presiunii mediului din aparat și care caută să le desprindă de placa tubulară.

Repartizarea forței F_1 între mantaua și țevile aparatului este direct proporțională cu raportul dintre produsele suprafețelor pereților lor și modulul de elasticitate, așa cum rezultă în cele de mai jos:

$$F_m = \frac{F_1 \cdot A_m \cdot E_m}{A_t \cdot E_t + A_m \cdot E_m} \quad [\text{kgf}] \tag{150}$$

și

$$F_t = \frac{F_1 \cdot A_t \cdot E_t}{A_t \cdot E_t + A_m \cdot E_m} \quad [\text{kgf}] \tag{151}$$

în care:

A_m este aria secțiunii mantalei, în cm²;
A_t — aria secțiunii țevilor, în cm²;
E_m — modulul de elasticitate al materialului mantalei la temperatura de lucru, în kgf/cm²;

E_t este modulul de elasticitate al materialului țevilor la temperatura de lucru, în kgf/cm².

$$A_m = \frac{\pi}{4}(D_e^2 - D_i^2) \quad [\text{cm}^2] \tag{152}$$

unde D_e este diametrul exterior al mantalei.

$$A_t = n\frac{\pi}{4}(d_e^2 - d_i^2) \quad [\text{cm}^2] \tag{153}$$

Solicitările axiale corespunzătoare mantalei și țevilor datorită presiunilor de lucru din aparat sînt date de relațiile următoare:

$$\sigma_{m1} = \frac{F_m}{A_m} = \frac{F_1 \cdot E_m}{A_t \cdot E_t + A_m \cdot E_m} \quad [\text{kgf/cm}^2] \tag{154}$$

$$\sigma_{t1} = \frac{F_t}{A_t} = \frac{F_1 \cdot E_t}{A_t \cdot E_t + A_m \cdot E_m} \quad [\text{kgf/cm}^2] \tag{155}$$

b. Solicitările axiale datorită diferenței de temperatură

Existența unei diferențe de temperatură între țevi și manta în cazul unei construcții rigide a aparatului, provoacă forța F_2 care se manifestă în mod egal ca intensitate și direcție, dar în sens contrar în țevi și manta.

$$F_2 = \frac{(t_t - t_o)\alpha_t - (t_m - t_o)\alpha_m}{\frac{1}{A_m \cdot E_m} + \frac{1}{A_t \cdot E_t}} \quad [\text{kgf}] \tag{156}$$

în care:

t_t este temperatura de regim a țevilor, în °C;
t_m — temperatura de regim a mantalei, în °C;
t_o — temperatura de montaj a aparatului, în °C;
α_t — coeficientul de dilatare lineară a materialului țevilor, în 1/°C;
α_m — coeficientul de dilatare lineară a materialului mantalei, în 1/°C.

Eforturile axiale corespunzătoare mantalei și țevilor datorită diferenței de temperatură sînt redate de relațiile:

$$\sigma_{m2} = \frac{F_2}{A_m} = \frac{[(t_t - t_o)\alpha_t - (t_m - t_o)\alpha_m]\, A_m \cdot E_m \cdot E_t}{A_m \cdot E_m + A_t \cdot E_t} \quad [\text{kgf/cm}^2] \tag{157}$$

$$\sigma_{t2} = \frac{F_2}{A_t} = \frac{[(t_t - t_o)\alpha_t - (t_m - t_o)\alpha_m]\, A_m \cdot E_m \cdot E_t}{A_m \cdot E_m + A_t \cdot E_t} \quad [\text{kgf/cm}^2] \tag{158}$$

Scanned with OKEN Scanner

c. Solicitările axiale totale în manta și țevi datorită presiunii și temperaturii

Forța F_2 solicită atît țevile cît și mantaua. Dacă țevile au temperatura de regim mai mică decît mantaua, sînt solicitate la (întindere) tracțiune, iar mantaua este solicitată la compresiune. Dacă mantaua are temperatura mai mică decît țevile, este solicitată la tracțiune, iar țevile la compresiune.

Solicitarea axială totală în manta σ_m și țevi σ_t datorită forțelor de presiune din aparat și datorită diferenței de temperatură se va calcula astfel:

1) *pentru* $t_m > t_t$:

$$\sigma_m = \sigma_{m_1} - \sigma_{m_2} \quad [\text{kgf/cm}^2] \tag{159}$$

$$\sigma_t = \sigma_{t_1} + \sigma_{t_2} \quad [\text{kgf/cm}^2] \tag{160}$$

2) *pentru* $t_m < t_t$:

$$\sigma_m = \sigma_{m_1} + \sigma_{m_2} \quad [\text{kgf/cm}^2] \tag{161}$$

$$\sigma_t = \sigma_{t_1} - \sigma_{t_2} \quad [\text{kgf/cm}^2] \tag{162}$$

Se verifică apoi ca solicitările axiale totale din manta și din țevi σ_t să aibă valori mai mici ca tensiunea admisibilă a materialului σ_a.

Dacă solicitările axiale totale în corpul și în țevile aparatului nu depășesc valorile admisibile (σ_a), schimbătorul de căldură trebuie ales de construcție rigidă, în caz contrar trebuie adoptată o construcție cu cap mobil.

d. Calculul grosimii plăcilor tubulare rigide

Calculul se face în mod curent cu formula:

$$h = \sqrt{\frac{\sigma_m \cdot A_m \cdot Z_2}{\sigma_a \cdot Z_3} + \frac{9 \cdot P_s \beta_2^2 (D_s - D_g)}{\sigma_a \cdot D_s \cdot Z_4}} + c \quad [\text{cm}] \tag{163}$$

unde:

h este grosimea plăcii tubulare;
σ_m – solicitarea totală axială în manta, în kgf/cm²;
A_m – aria secțiunii mantalei, în cm²;
σ_a – solicitarea admisibilă la încovoiere, în kgf/cm²;
D_s – diametrul circumferinței șuruburilor, în cm;
D_g – diametrul mediu al garniturii, în cm;
$\beta_2 = \frac{D_s}{D_g}$ – raportul dintre diametrul circumferinței șuruburilor și diametrul mediu al garniturii;

Scanned with OKEN Scanner

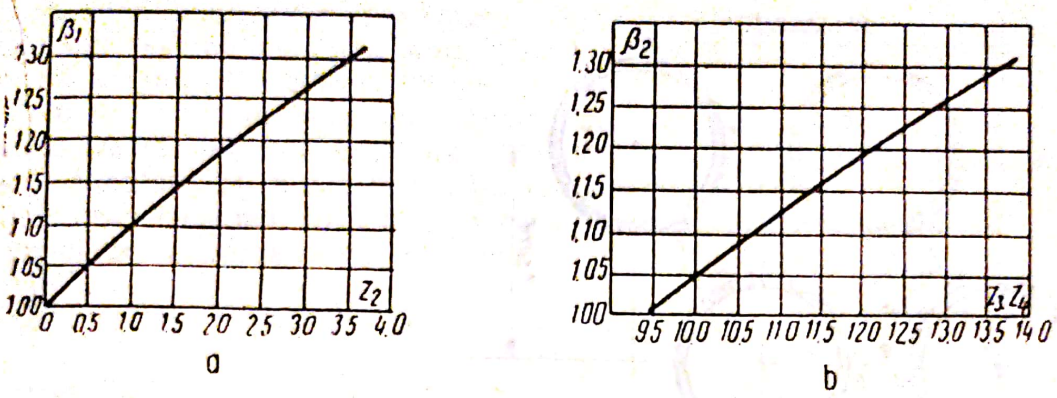


Fig. 169. Diagrame pentru determinarea lui Z_2, Z_3 și Z_4.

P_s este forța de strîngere a șuruburilor, în kgf care se determină cu relația:

$$P_s=(1{,}2\ldots1{,}4)\frac{\pi D_g^2}{4}p_t \quad [\text{kgf}] \tag{164}$$

Coeficienții Z_2, Z_3 și Z_4 au următoarele valori:

$Z_2=\frac{3}{2}[(1-\beta_1^2)-4\beta_1^2\cdot ln\beta_1]$ sau se determină din diagrama reprezentată în figura 169, *a*;

$\beta_1=\frac{D_m}{D_o}=\frac{D_e+D}{2\cdot D_o}$ – raportul dintre diametrul mediu al mantalei și diametrul circumferinței ultimului rînd de țevi din margine;

$Z_3=(1+2\cdot\beta_1^2)$ sau se determină din diagrama reprezentată în figura 169, *b*;

$Z_4=(1+2\cdot\beta_2^2)$ sau se determină din diagrama din figura 169, *b*;

c – adaos de coroziune care ține seama de agresivitatea mediilor pe ambele fețe ale plăcii tubulare.

e. Calcule de verificare a grosimii plăcii tubulare

Verificarea grosimii minime necesară mandrinării. Dacă țevile sînt fixate în plăcile tubulare prin mandrinare, este necesar ca grosimea *h* a plăcii tubulare, obținută prin relația 163 să fie verificată la rezistență, adică să se stabilească dacă această grosime este suficientă pentru mandrinarea țevilor în

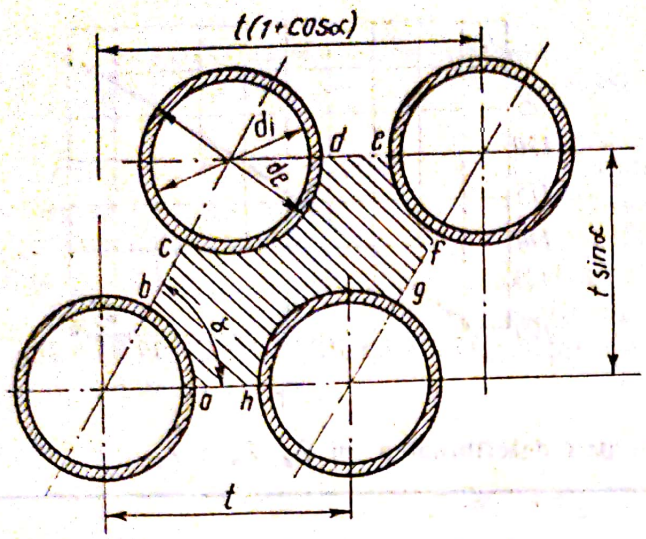


Fig. 170. Calculul plăcii tubulare la încovoierea regiunii rombice.

placă. Grosimea minimă necesară a plăcii tubulare, pentru realizarea unei mandrinări sigure a ţevilor în placă este :

– pentru oţel : $h_{min}=\frac{d_e}{8}+5$ mm (165)

– pentru cupru : $h_{min}=\frac{d_e}{8}+10$ mm (166)

Rezistenţa punţii abcdefgh (fig. 170) a plăcii trebuie să fie superioară efortului de încovoiere care apare în regiunea rombică şi se verifică cu formula :

$$\sigma=\frac{p}{3{,}6\left(1-0{,}7\frac{d_e}{e}\right)\left(\frac{h}{e}\right)^2}\leqslant\sigma_{ai}\quad[\text{kgf/cm}^2] \tag{167}$$

unde :

p este presiunea maximă posibilă ce poate acţiona asupra plăcii tubulare, în kgf/cm² şi este egală cu diferenţa între presiunea din manta şi ţevi :

$$p=(p_m-p_t)$$

$$e=\frac{t(1+\cos\alpha)+t\ \sin\alpha}{2}$$

σ_{ai} – solicitarea admisibilă la încovoiere, în kgf/cm².

Verificarea îmbinării dintre ţevi şi placă

Forţele axiale totale care apar în ţevi σ_t tind să smulgă ţevile din locaşurile plăcilor tubulare.

În cazul îmbinărilor mandrinate trebuie urmărit dacă aceste forţe axiale totale din ţevi nu depăşesc anumite valori critice determinate experimental care să asigure etanşeitatea îmbinării.

Nu se va lua în considerare rezistenţa îmbinării, deoarece la ţevile mandrinate trebuie aplicate forţe mari, măsurate în tone pentru a le smulge din plăcile tubulare, ci numai rezistenţa la etanşare.

Se calculează mai întîi forţa S care revine pe unitatea de lungime a perimetrului de mandrinare cu formula:

$$S = \frac{\sigma_t \cdot A_t}{\pi \cdot n \cdot d_e} \quad [\text{kgf/cm}] \qquad (186)$$

Valoarea obţinută pentru S trebuie să fie mai mică decît valorile maxime admisibile indicate mai jos:

- pentru mandrinarea fără bordurare: $S<40$ kgf/cm;
- pentru mandrinarea cu bordurarea unuia dintre capete: $S<50$ kgf/cm;
- pentru mandrinarea cu bordurarea ambelor capete sau pentru mandrinarea în găuri cu canal: $S<70$ kgf/cm.

La îmbinările sudate sau lipite:

$$\tau = \frac{\sigma_t \cdot A_t}{a \cdot \pi \cdot d_e \cdot n} \leqslant \tau_a \quad [\text{kgf/cm}^2] \qquad (169)$$

în care:

τ este solicitarea la forfecare a cusăturii care trebuie să fie mai mică decît cea admisibilă, în kgf/cm²;
a — grosimea cordonului de sudură, în cm;
τ_a — solicitarea admisibilă la forfecare în sudură, în kgf/cm².

2. Calculul grosimii plăcilor tubulare ale schimbătoarelor de căldură cu cap mobil

În acest caz, nu mai apar eforturi datorită diferenţei dintre temperatura de montaj şi temperatura de lucru, deoarece dilatările nu mai sînt împiedicate. Grosimea plăcii tubulare se determină cu formula:

$$h = \frac{D}{2}\sqrt{\frac{p \cdot \psi}{\sigma_{at} \cdot \varphi}} + c \quad [\text{cm}] \qquad (170)$$

în care:

h este grosimea plăcii tubulare, în cm;
D — diametrul convenţional, în cm: în cazul plăcii fixe $D=D_t$, iar în cazul plăcii mobile $D=D_s'$ (fig. 171);
p — presiunea maximă de regim (cea mai mare dintre presiunile p_m şi p_t);

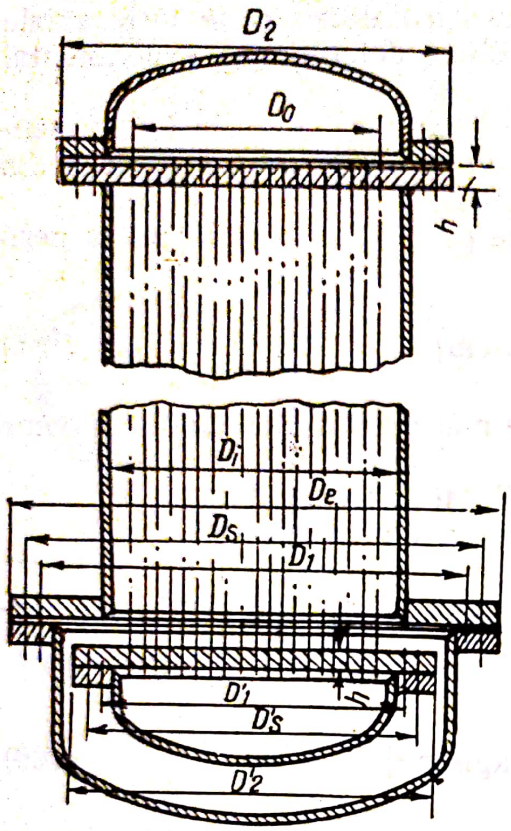


Fig. 171. Schemă pentru calculul plăcilor tubulare cu cap mobil.

ψ = 0,5 — coeficient care ţine seama de modul de fixare a plăcii ;

φ — coeficientul de slăbire al plăcii ;

c — adaosul de coroziune, care ţine seama de coroziunea ambelor feţe ale plăcii ;

σ_{ai} — rezistenţa admisibilă la încovoiere.

Coeficientul de slăbire al plăcii se determină cu formula :

$$\varphi = \frac{D_o - Z \cdot d_e}{D_2} \qquad (171)$$

în care :

D_2 este diametrul exterior al plăcii în cm ;

D_o — diametrul care înfăşoară fasciculul de ţevi ;

d_e — diametrul exterior al ţevii, respectiv diametrul interior al găurilor din placă, în cm ;

Z — numărul de ţevi aşezate pe diagonala hexagonului.

În afară de aceasta se verifică grosimea calculată a plăcii tubulare, în ceea ce priveşte siguranţa mandrinării ţevilor, cu relaţiile 165 sau 166 şi încovoierea regiunii rombice cu relaţia 167.

Considerînd placa tubulară rigidizată de ţevile sudate, rezultă că zona care trebuie verificată la încovoiere este cea cuprinsă între diametrul interior al mantalei D_i şi diametrul cilindrului care înfăşoară fasciculul de ţevi, D_o

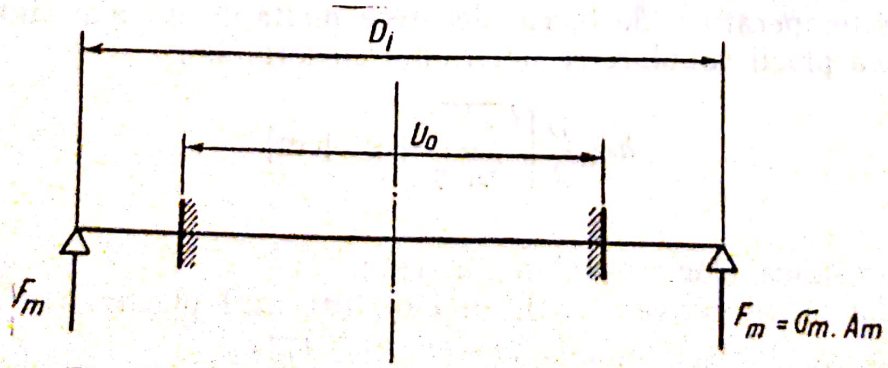


Fig. 172. Schema de calcul a plăcilor tubulare simple.

(fig. 172). Pentru cazul cel mai defavorabil de încărcare, corespunzînd schemei din figura 172, grosimea plăcii tubulare se calculează cu formula:

$$h=0{,}69\sqrt{\frac{\sigma_m \cdot A_m}{\sigma_{at}}\left[1-2\frac{(1+\mu)\ln\frac{D_i}{D_o}+1}{(1+\mu)\left(\frac{D_o}{D_i}\right)+(1-\mu)}\right]}\ \text{[cm]} \qquad (172)$$

în care:

μ este coeficientul contracției transversale pentru materialul plăcii:
$\mu=0{,}3$ pentru oțeluri;
$\mu=0{,}35$ pentru cupru și aluminiu;
ceilalți termeni au semnificațiile date în formulele anterioare.

Exemplu de calcul

Să se efectueze calculul de rezistență al unui aparat (fig. 173) pentru evaporarea soluțiilor de NaOH, pe baza următoarelor date obținute în urma calculului tehnologic:

— presiunea aburului în camera de încălzire (intratubator): $p_m=12$ kgf/cm²;
— presiunea aburului secundar din camera de evaporare și din țevi: $p_t=6$ kgf/cm²;
— diametrul interior al aparatului $D_i=1\,800$ mm;
— distanța între plăcile tubulare $L=2\,500$ mm;
— înălțimea stratului de soluție din aparat $h_1=2\,000$ mm;
— greutatea specifică a soluției $\gamma=1\,270$ kgf/m³;
— înălțimea fundului conic (pentru $\alpha_f=45°$) $h_2=900$ mm;
— greutatea aparatului este apreciată la $G=8\,700$ kgf;
— numărul suporturilor laterale $k=4$;
— materialul mantalei OL 37 cu $\sigma_r=3\,800$ kgf/cm²;
— materialul țevilor OLT 35 cu $\sigma_r=3\,500$ kgf/cm²;
— materialul plăcii tubulare OL 42 cu $\sigma_r=4\,200$ kgf/cm²;
— țevile cu diametrul: $d_c=38$ mm;
$d_i=33$ mm;
— numărul de țevi $n=740$;
— diametrul circumferinței ultimului rînd de țevi $d_o=1\,650$;
— diametrul circumferinței șuruburilor $D_s=2\,000$ mm;
— diametrul mediu al garniturii $D_g=1\,920$ mm;

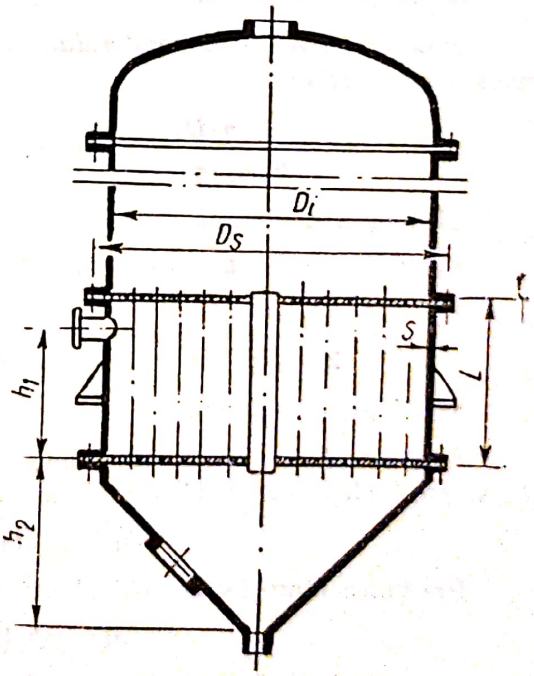


Fig. 173. Evaporator tubular — schemă de calcul.

— diferența maximă posibilă de temperatură între manta și țevi $t_t - t_m = 15°C$;
— adaosul de coroziune $c_1 = 0{,}3$ cm.

Rezolvare

Stabilirea rezistențelor admisibile

— pentru manta $\sigma_a = \frac{\sigma_r}{c_r} = \frac{3\,700}{3{,}75} = 1\,010$ kgf/cm²;

— pentru țevi $\sigma_a = \frac{\sigma_r}{c_r} = \frac{3\,500}{3{,}75} = 935$ kgf/cm²;

— pentru placa tubulară $\sigma_a = \frac{\sigma_r}{c_r} = \frac{4\,200}{3{,}75} = 1\,120$ kgf/cm².

Grosimea peretelui mantalei camerei de încălzire

se determină cu formula următoare:

$$s_m = \frac{p \cdot D_i}{2{,}3\sigma_a \cdot \varphi - p} + c = \frac{12 \cdot 180}{2{,}3 \cdot 1\,010 \cdot 0{,}85 - 12} + 0{,}3 = 1{,}39 \text{ cm}.$$

Se adoptă $s_m = 14$ mm

Grosimea peretelui evaporatorului, supusă la presiunea din interiorul țevilor, se calculează cu relația:

$$s_e = \frac{p \cdot D_i}{2{,}3\sigma_a \cdot \varphi - p} + c = \frac{6 \cdot 180}{2{,}8 \cdot 1\,010 \cdot 0{,}85 - 5} + 0{,}3 = 0{,}845 \text{ cm}$$

Se adoptă $s_e = 9$ mm

Fundul superior de formă elipsoidală. Grosimea lui se calculează cu formula:

$$s_f = \frac{p \cdot D_i \cdot y}{2{,}3\sigma_a \cdot \varphi - p} + c_1 + c_2 = \frac{6 \cdot 180 \cdot 1{,}09}{2{,}3 \cdot 1\,010 \cdot 0{,}85 - 5} + 0{,}3 + 0{,}3 = 1{,}195 \text{ cm}$$

Se adoptă $s_f = 12$ mm

Fundul inferior conic este supus atît presiunii aburului secundar $p_t = 6$ kgf/cm² cît și presiunii coloanei de soluție care are înălțimea:

$$h = h_1 + h_2 = 2\,000 + 900 = 2\,900 \text{ mm}$$

Presiunea hidrostatică echivalentă este:

$$p_h = \gamma \cdot h \text{ [kgf/cm²]}$$

$\gamma = 1\,270$ kgf/m³ $= 0{,}00127$ kgf/cm³, greutatea specifică a soluției,

$$p_h = 0{,}00127 \cdot 290 = 0{,}34 \text{ kgf/cm²}$$

Scanned with OKEN Scanner

presiunea de calcul va fi:

$$p_{calc}=p_f+p_h=6+0{,}34=6{,}34 \text{ kgf/cm}^2$$

Grosimea calculată pe baza solicitărilor de încovoiere în zona bordurată va fi:

$$Sfc_1=\frac{p_{calc}\cdot D_i\cdot y}{2\cdot\sigma_{at}\cdot\varphi\cdot\cos\alpha-p}+c \quad \text{[cm]} \tag{100}$$

$y=1{,}3$

$$\sigma_{at}\approx 1{,}25\cdot\sigma_a=1{,}25\cdot 1\,010=1\,260 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\cos\alpha=\cos 45^\circ=0{,}707$$

$$Sfc_1=\frac{6{,}34\cdot 180\cdot 1{,}3}{2\cdot 1\,260\cdot 0{,}85\cdot 0{,}707-6{,}34}+0{,}3=1{,}275 \text{ cm}$$

Grosimea calculată pe baza solicitărilor inelare de întindere în zona diametrului de calcul D_c al fundului conic este:

$$Sfc_2=\frac{p_{calc}\cdot D_c}{2\cdot\sigma_a\varphi\cos\alpha-p}+c \quad \text{[cm]} \tag{101}$$

$$D_c=D_i-2(a\sin\alpha)=D_i-2(10\cdot s_{fc1}\cdot\sin\alpha)=180-2(10\cdot 1{,}3\cdot 0{,}707)=160 \text{ cm}$$

$$s_{fc2}=\frac{6{,}34\cdot 160}{2\cdot 1\,010\cdot 0{,}95\cdot 0{,}707}+0{,}3=1{,}135 \text{ cm}$$

Se adoptă $s_{fc}=14$ mm.

Calculul eforturilor din țevi și manta datorită presiunii și diferenței de tempratură

1) Forța axială datorită presiunii din aparat care tensionează mantaua și țevile:

$$F_1=\frac{\pi}{4}\left(D_i^2-n\cdot d_e^2\right)p_m+\frac{\pi}{4}n\cdot d_i^2\cdot p_t=\frac{3{,}14}{4}(180{,}6^2-740\cdot 3{,}8^2)12+$$

$$+\frac{3{,}14}{4}740\cdot 3{,}3^2\cdot 6=F_1=344\,500 \text{ kgf.}$$

2) Aria secțiunilor țevilor:

$$A_t=n\frac{\pi}{4}\left(d_e^2-d_i^2\right)=740\ \frac{3{,}14}{4}(3{,}8^2-3{,}3^2)=2\,060 \text{ cm}^2$$

3) Aria secțiunii mantalei:

$$A_m=\frac{\pi}{4}\left(D_e^2-D_i^2\right) \quad \text{[cm]}$$

$D_e=D_i+2s_m=180+2\cdot 1{,}4=182{,}8$ cm diametrul exterior al mantalei.

Scanned with OKEN Scanner

În calcule se va considera diametrul interior al aparatului în momentul cînd a fost corodat la limita admisibilă, adică aparatul la interior nu mai are adaosul de coroziune:

$$D_t = D_t + 2c_1 = 180 + 2.0{,}3 = 180{,}6 \text{ cm}$$

$$A_m = \frac{3{,}14}{4}(182{,}8^2 - 180{,}6^2) = 628 \text{ cm}^2$$

4) Forţa axială datorită presiunii mediului care tensionează mantaua va fi determinată astfel:

$$F_{m1} = \frac{F_1 \cdot A_m \cdot E_m}{A_t \cdot E_t + A_m \cdot E_m}$$

$E_m = E_t = E = 2{,}1 \cdot 10^6$ kgf/cm² deoarece atît ţevile cît şi mantaua sînt din oţel. Dînd factor comun la numitor pe E şi simplificînd, se obţine o formulă mai simplă:

$$F_m = \frac{F_1 \cdot A_m}{A_t + A_m} = \frac{244\,500 \cdot 628}{2\,060 + 628} = 57\,200 \text{ kgf}$$

5) Forţa axială datorită presiunii mediului care tensionează ţevile este, conform formulei 148, egală cu:

$$F_{t1} = \frac{F_1 \cdot A_t \cdot E_t}{A_t \cdot E_t + A_m \cdot E_m} = \frac{F_1 \cdot A_t}{A_t + A_m} = \frac{244\,500 \cdot 2\,060}{2\,060 + 628} = 188\,000 \text{ kgf}$$

6) Eforturile axiale în ţevi şi manta datorită presiunii mediului se determină cu formulele 154 şi 155:

$$\sigma_{m1} = \frac{F_{m1}}{A_m} = \frac{57\,200}{628} = 91 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{t1} = \frac{F_{t1}}{A_t} = \frac{188\,000}{2\,060} = 91 \text{ kgf/cm}^2$$

7) Forţa care apare în ţevi şi manta datorită diferenţei de temperatură se determină cu formula 156:

$$F_2 = \frac{(t_t - t_o)\ \alpha\ t - (t_m - t_o)\ \alpha\ m}{\frac{1}{A_m \cdot E_m} + \frac{1}{A_t \cdot E_t}} \quad [\text{kgf}]$$

Cunoscînd că $\alpha_t = \alpha_m = \alpha = 1{,}2 \cdot 10^{-5} \frac{1}{°C}$ coeficientul de dilatare lineară egal pentru ţevile din oţel şi manta, formula se simplifică:

$$F_2 = \frac{(t_t - t_m)\ \alpha}{\frac{1}{E}\left(\frac{A_t + A_m}{A_m \cdot A_t}\right)} = \frac{(t_t - t_m)\ \alpha \cdot E \cdot A_m \cdot A_t}{A_t + A_m}$$

$$F_2 = \frac{15 \cdot 1{,}2 \cdot 10^{-5} \cdot 2{,}1 \cdot 10^6 \cdot 628 \cdot 2\,060}{2\,060 + 628} = 181\,900 \text{ kgf}$$

Scanned with OKEN Scanner

8) Eforturile axiale în manta și țevi datorită diferenței de temperatură sînt conform formulelor 175 și 176:

$$\sigma_{m2} = \frac{F_2}{A_m} = \frac{181\,900}{628} = 290 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{t2} = \frac{F_2}{A_t} = \frac{181\,900}{2\,060} = 88{,}3 \text{ kgf/cm}^2$$

9) Efortul axial total în manta și țevi va fi pentru $t_t > t_m$ conform relațiilor 161 și 162:

$$\sigma_m = \sigma_{m1} + \sigma_{m2} = 91 + 290 = 381 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_t = \sigma_{t1} - \sigma_{t2} = 91 - 88{,}3 = 2{,}7 \text{ kgf/cm}^2$$

Valorile obținute sînt inferioare rezistențelor admisibile pentru materialul mantalei și al țevilor.

Calculul grosimii plăcii tubulare se face cu formula 163:

$$h = \sqrt{\frac{\sigma_m \cdot A_m \cdot Z_2}{\sigma_a \cdot Z_3} + \frac{9 \cdot P_s \cdot \beta_2^2 (D_s - D_g)}{\sigma_a \cdot D_s \cdot Z_4}} + c \quad \text{[cm]}$$

pentru $\beta_1 = \frac{D_{med}}{D_o} = \frac{D_e + D_i}{2D_o} = \frac{182{,}8 + 180{,}6}{2 \cdot 165} = 1{,}1$,

după diagrama din figura 169, corespunde $Z_2 = 1$ și $Z_3 = 10{,}7$;

$$\beta_2 = \frac{D_s}{D_g} = \frac{200}{192} = 1{,}04$$

pentru $\beta_2 = 1{,}04$ după diagrama din figura 169 corespunde $Z_4 = 10$

$$P_s = 1{,}3 \frac{\pi D_g^2}{4} p_t = 1{,}3 \frac{3{,}14}{4} \cdot 192^2 \cdot 6 = 226\,000 \text{ kgf}$$

$$h = \sqrt{\frac{381 \cdot 628 \cdot 1}{1\,120 \cdot 10{,}7} + \frac{9 \cdot 226\,000 \cdot 1{,}04^2 \cdot (200 - 192)}{1\,120 \cdot 200 \cdot 10}} + 2 \cdot 0{,}3 = 5{,}9 \text{ cm}$$

Se adoptă $h = 60$ mm

Grosimea minimă necesară plăcii tubulare rezultă din condiția unei mandrinări sigure conform formulei 165:

$$h_{min} = \frac{d_t}{8} + 5 \text{ mm} = \frac{38}{8} + 5 \text{ mm} = 9{,}75 \text{ mm}$$

Grosimea plăcii tubulare $h = 60$ mm este mai mare, deci suficientă pentru realizarea unei mandrinări sigure.

Scanned with OKEN Scanner

Verificarea punții pentru $\alpha = 60°$ și pasul $t = 48$ mm se face cu formula 167 cunoscînd că :

$$p = p_m = 12 \text{ kgf/cm}^2$$

$$e = \frac{t(1+\cos\alpha)+t(\sin\alpha)}{2} = \frac{4{,}8(1+0{,}5)+4{,}8(0{,}866)}{2} = 5{,}7 \text{ cm}$$

$$\sigma = \frac{p}{3{,}6\left(1-0{,}7\,\frac{d_i}{e}\right)\left(\frac{h}{e}\right)^2} < \sigma_a = 1\,120 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma = \frac{12}{3{,}6\left(1-0{,}7\,\frac{3{,}8}{5{,}7}\right)\left(\frac{6}{5{,}7}\right)^2} = 6{,}3 \text{ kgf/cm}^2 < \sigma_a = 1\,120 \text{ kgf/cm}^2$$

F. PROBA ȘI MONTAREA SCHIMBĂTOARELOR DE CĂLDURĂ

1. Probarea schimbătoarelor de căldură tubulare

a. Proba hidraulică a schimbătoarelor tubulare, rigide și cu compensator

Această probă nu pune probleme deosebite, întrucît plăcile tubulare sînt sudate de manta. Ea constă din următoarele verificări :

Verificarea îmbinărilor prin mandrinare dintre plăcile tubulare și țevi, care se face astfel :

– se demontează cele două capace ;

– se introduce apă în manta, menținîndu-se ventilul de eliminare a aerului deschis, pînă cînd vîna de lichid nu conține bule de aer ;

– se închide ventilul de eliminare a aerului și se ridică treptat presiunea pînă la valoarea prescrisă.

La această valoare a presiunii se controlează îmbinările prin mandrinare la cele două plăci tubulare și cordoanele de sudură ale mantalei.

După scăderea presiunii se remediază defectele și se repetă proba.

Verificarea îmbinărilor prin flanșe, la cele două capace care se face astfel :

– se montează capacele ;

– se introduce apă în țevi menținînd ventilul de eliminare a aerului deschis pînă cînd vîna de lichid nu conține bule de aer ;

— se închide ventilul de eliminare a aerului şi treptat se ridică presiunea pînă la valoarea prescrisă.

La această presiune se controlează îmbinările prin flanşe. Nu trebuie să se observe scăpări sau prelingeri, în caz contrar, se scade presiunea, se remediază defectele şi se repetă proba.

b. Proba hidraulică a schimbătoarelor de căldură tubulare cu cap flotant :

Verificarea îmbinărilor prin mandrinare dintre plăcile tubulare şi ţevi care se face în felul următor :

— se demontează capacul anterior pentru a se putea urmări placa tubulară şi ţevile mandrinate ;

— se strîng prezoanele de la flanşa corpului şi flanşa cutiei de distribuţie ;

— se montează un inel de construcţie specială (fig. 174) pe flanşa posterioară a mantalei care fixează placa tubulară mobilă ;

— se introduce materialul de etanşare şi se strînge presetupa pe placa tubulară a capului mobil ;

— se introduce apă în interiorul mantalei ;

— ventilul de eliminare a aerului se ţine deschis pînă în momentul în care pe orificiul acestuia vîna de lichid nu conţine bule de aer ;

— se închide ventilul de aerisire şi se ridică treptat presiunea pînă la valoarea prescrisă.

La această valoare a presiunii se efectuează atît controlul îmbinării prin mandrinare, cît şi controlul ţevilor.

Dacă se observă prelingeri printre placă şi ţevi, acestea se datoresc mandrinării insuficiente sau supermandrinării. Aceste locuri se poziţionează pe desenul plăcii tubulare sau se însemnează cu creioane colorate.

În cazul în care apa vine pe ţeavă, este un indiciu că ţeava respectivă este fisurată şi trebuie înlocuită după efectuarea probei, sau obturată din ambele părţi, cu dopuri conice din oţel.

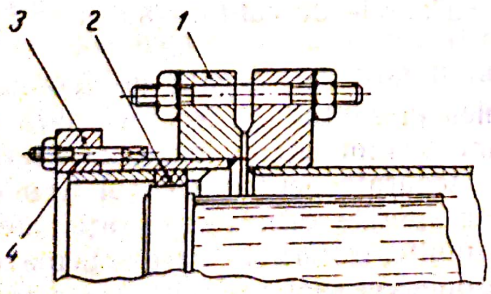


Fig. 174. Montarea inelului de probă :
1 — inel de probă ; 2 — şnur de azbest ; 3 — flanşa de strîngere a garniturii ; 4 — şuruburi de strîngere.

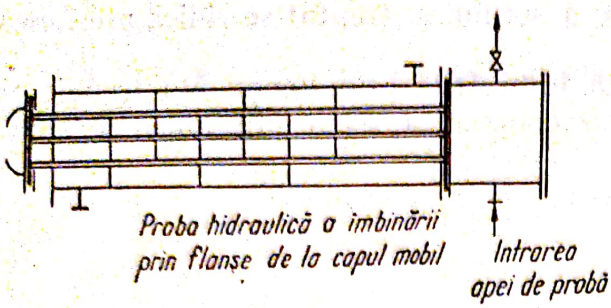


Fig. 175. Verificarea îmbinării prin flanșe de la capul mobil.

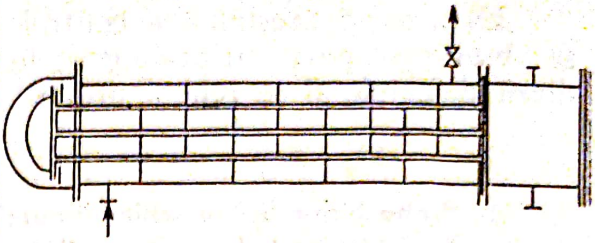


Fig. 176. Verificarea îmbinării prin flanșe a capacului din spate.

După efectuarea probei, se remediază defectele găsite și se repetă proba.

Verificarea îmbinării prin flanșe a capătului mobil (fig. 175) se face în felul următor :

– se montează capacul anterior și fundul bombat de la capătul mobil ;
– se introduce apă în fasciculul de țevi ;
– ventilul de eliminare a aerului se ține deschis pînă în momentul în care pe orificiul acestuia vîna de lichid nu conține bule de aer ;
– se închide ventilul de eliminare a aerului și se ridică treptat presiunea pînă la valoarea prescrisă.

La această valoare a presiunii nu trebuie să se observe prelingeri sau scurgeri printre cele două suprafețe de etanșare ; în caz contrar, se remediază defectele și se repetă proba.

Proba corpului aparatului, constă din introducerea apei în manta ca și în primul caz și controlul îmbinărilor prin flanșe la capacul din spate (cordoanele de sudură ale mantalei se pot verifica în timpul primei probe) (fig. 176).

2. Montarea schimbătoarelor de căldură tubulare

Schimbătoarele de căldură se montează mai rar izolat, cel mai adesea în grup, formînd așa numitele *baterii*. Schimbătoarele de căldură ale unei baterii se leagă în serie.

Montarea schimbătoarelor de căldură în baterii este legată de tendința de a se mări viteza agenților termici mai ales în spațiul dintre țevi, fără să se instaleze în acest spațiu pereți despărțitori complicați și incomozi în exploatare. Fiecare element constituie o trecere separată pentru agentul termic ; ansamblul mai multor elemente (bateria) corespunde construcției raționale a unui schimbător de căldură tubular cu mai multe treceri, în care schema de deplasare relativă a agenților termici, se apropie cel mai mult de cea a contracurentului pur, care este cea mai favorabilă.

Scanned with OKEN Scanner

Schimbătoarele de căldură montate în baterii dau cele mai bune rezultate cînd sînt folosite ca aparate cu contracurent (pentru agenţi termici omogeni din punct de vedere fizic), care se deplasează cu viteze aproximativ egale, fără să-şi schimbe starea de agregare (lichid-lichid sau gaze-gaze).

Bateriile de schimbătoare de căldură cu diametre mici sînt preferabile pentru agenţii termici cu presiuni mai mari.

Schimbătoarele de căldură tubulare se înscriu în gabarite normale şi deci permit asamblarea lor şi efectuarea probelor hidraulice în uzina constructoare, precum şi transportarea la locul de montaj gata asamblate.

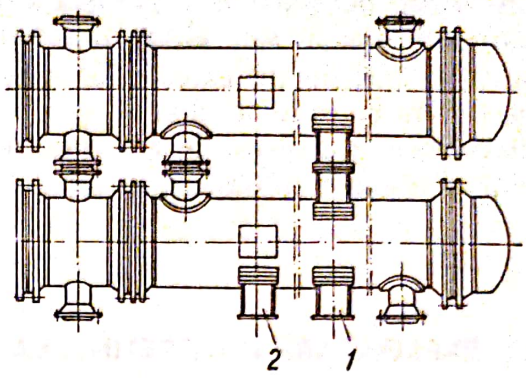


Fig. 177. Schimbătoare de căldură montate etajat.

Montarea schimbătoarelor de căldură asamblate în baterii, se face în poziţie orizontală, etajate, la sol sau pe platforme şi aşezarea lor este analoagă vaselor de presiune orizontale, folosind şei metalice sau din beton.

Întrucît în timpul funcţionării apar dilatări care conduc la ieşirea aparatului din şa, este necesar ca raza şeii să fie majorată cu 3 pînă la 5%.

Pentru o exploatare şi întreţinere uşoară este de preferat să se monteze în baterii aparate de acelaşi tip.

În figura 177 sînt reprezentate două schimbătoare de căldură tubulare de acelaşi tip, montate unul peste celălalt prin intermediul unui suport special realizat din două bucăţi. Schimbătorul de căldură inferior se sprijină pe suportul mobil *1* şi pe suportul fix *2*.

Legarea schimbătoarelor de căldură între ele se face conform schemei tehnologice. De obicei se leagă în serie dar se prevede în multe cazuri şi posibilitatea de legare în paralel.

Toate aparatele de schimb de căldură se montează pe suporturi care să permită dilatarea liberă a schimbătoarelor. În acest scop, şuruburile de fixare a suporturilor metalice mobile pe fundaţie trec prin găuri ovale permiţînd astfel dilatarea liberă a mantalei.

Toate legăturile cu schimbătorul de căldură se fac pe capătul fix al acestuia pentru a nu se deteriora conductele sau împiedica dilatarea mantalei.

Platformele pe care se montează schimbătoarele de căldură sînt amenajate cu grinzi mobile pentru scoaterea fasciculului şi manipularea capacelor în timpul reviziilor.

Schimbătoarele de căldură tubulare cu cap mobil (flotant) sau cu ţevi în U se montează întotdeauna cu un spaţiu liber în faţă, de o lungime cel puţin egală cu a schimbătorului, pentru a se putea extrage fasciculul în vederea curăţirii şi reparaţiilor necesare. Grinda mobilă trebuie să aibă calea de rulare

Scanned with OKEN Scanner

prelungită pentru a face posibilă coborîrea fasciculelor extrase pe platformele autocamioanelor sau altor mijloace de transport.

Platformele pe care se montează schimbătoarele de căldură trebuie să fie dotate cu guri de abur și apă pentru spălare, canale de scurgere cu închidere hidraulică, prize de aer comprimat și energie electrică, precum și cu podețe și scări de acces.

G. EXPLOATAREA, ÎNTREȚINEREA, REPARAREA ȘI CURĂȚAREA SCHIMBĂTOARELOR DE CĂLDURĂ

Exploatarea schimbătoarelor de căldură comportă urmărirea atentă a parametrilor de lucru la care sînt supuse acestea.

Presiunea din spațiul tubular (din țevi) cît și cea din spațiul intertubular (dintre țevi) va fi urmărită cu ajutorul manometrelor. Manometrele vor fi montate fie chiar pe aparat, fie pe conductele prin care circulă fluidele către sau dinspre aparat. În construcțiile moderne manometrele și celelalte aparate de măsură și control sînt centralizate la un tablou de comandă spre a fi urmărite mai ușor.

Temperatura fluidelor care circulă prin schimbătoarele de căldură va fi măsurată la intrarea și ieșirea din schimbător cu ajutorul termometrelor.

Se va urmări cu atenție ca presiunea și temperatura să nu depășească valorile indicate de procesul tehnologic, respectiv valorile pentru care este construit aparatul.

Procesul tehnologic impune funcționarea continuă a aparatelor de schimb de căldură. Orice oprire neplanificată a aparatelor de schimb de căldură ca și a multor alte aparate, influențează negativ asupra calității produselor obținute sau pot conduce chiar la stagnarea producției.

Întreținerea utilajelor cuprinde următoarele operații: controlul, curățenia, ungerea, strîngerea șuruburilor la îmbinările cu flanșe și înlăturarea altor defecte mărunte, care apar în timpul funcționării.

La întreținere se efectuează operații limitate, schimbătorul de căldură rămînînd în funcțiune, cuplat în circuit. Ele se limitează la un control vizual, controlul etanșeității la îmbinările dintre flanșe și la respectarea parametrilor de lucru.

Reparațiile reprezintă totalitatea măsurilor tehnice și organizatorice luate în scopul preîntîmpinării unei funcționări defectuoase, care să conducă la scoaterea neașteptată din funcțune a aparatului și să asigure funcționarea normală a acestuia în perioadele dintre două revizii.

Cînd există posibilitatea scoaterii unui schimbător de căldură din circuit se curăță și suprafața de schimb de căldură.

Scanned with OKEN Scanner

Reparaţii mai importante se efectuează în timpul reviziilor planificate sau a celor generale.

La reparaţiile schimbătoarelor de căldură trebuie să se ţină seama de următoarele considerente de ordin general :

plăcile tubulare trebuie să aibă suprafeţele de etanşare perfect netede şi plane. Pe aceste suprafeţe nu se admit zgîrieturi radiale, lovituri, pori etc. ;

găurile din plăcile tubulare în care urmează a se fixa ţevile prin mandrinare, trebuie să fie bine prelucrate (alezate) şi să nu prezinte rizuri în lungul găurii, zgîrieturi, lovituri etc. ;

capetele ţevilor înainte de mandrinare trebuie curăţate pînă la luciu metalic pe o lungime egală cu grosimea plăcii tubulare, plus 10 mm.

diferenţa în grosime a ţevilor care se sudează cap la cap nu trebuie să fie mai mare de 15% din grosimea peretelui ţevii (la schimbătoare cu ţevi în U).

Repararea suprafeţei de schimb a schimbătoarelor de căldură constă în următoarele operaţii :

controlul stării suprafeţelor de schimb ;

scoaterea ţevilor care trebuie înlocuite sau obturarea acestora cu dopuri metalice ;

pregătirea ţevilor noi în vederea introducerii lor în plăcile tubulare ;

pregătirea plăcii tubulare ;

introducerea ţevilor ;

mandrinarea ;

proba hidraulică (se realizează la fel ca la utilajele noi).

Controlul stării suprafeţelor de schimb se face cu scopul împiedicării scurgerii prin îmbinările mandrinate şi prin ţevi.

Pentru evitarea acestor scurgeri, se remandrinează ţevile respective sau se obturează cu dopuri. Obturarea se foloseşte numai în cazurile de supermandrinare.

La reparaţiile efectuate în cadrul reviziilor planificate, se permite obturarea cu dopuri a unui număr de ţevi egal cu maximum 15% din numărul total care revine unei treceri (unui pas).

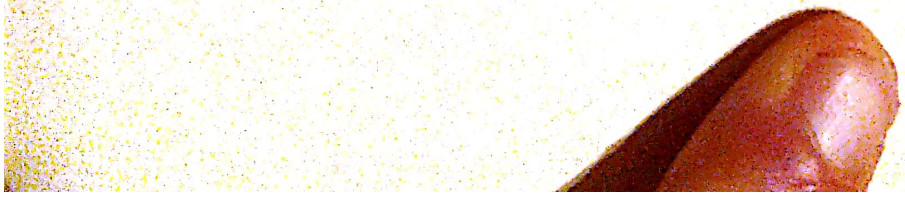
Pentru înlocuirea ţevilor în fascicul, este necesară extragerea acestuia din corpul aparatului.

Cînd numărul ţevilor a atins cifra de circa 15% din numărul total de ţevi ce revine unui pas, şi gradul de uzură al celorlalte ţevi este greu de stabilit, se recomandă *rebutarea întregului fascicul*. În asemenea cazuri, tăierea ţevilor se face cu flacără oxiacetilenică.

Îndepărtarea capetelor rămase în placa tubulară, se execută prin deformarea capătului rămas înspre înăuntru cu ajutorul unei scule în formă de pană, acţionată manual sau pneumatic.

Pregătirea noilor ţevi constă din următoarele operaţii :

— sudarea ţevilor vechi care au fost utilizate dar au o uzură mai mică



Scanned with OKEN Scanner

de 30% din greutatea inițială — operație ce se face numai în cazul lipsei de țevi noi;

— scurtarea țevilor la dimensiunea necesară;

— controlul capetelor tăiate cu ajutorul unui colțar. Abaterea de la perpendicularitate nu trebuie să depășească 0,02 din diametrul exterior al țevii;

— curățarea capetelor de țeavă pe mașina de șlefuit, cu pile sau cu alte mijloace de care se dispune.

Pregătirea plăcii tubulare constă în curățarea atentă a găurilor de impurități și urmele provocate de coroziune.

Curățarea se face manual, sau cu mașini pneumatice cu ajutorul abrazivelor.

Găurile din plăcile tubulare trebuie șterse pînă la uscare totală. Suprafața laterală a găurilor nu trebuie să aibă zgîrieturi axiale. Sînt admise zgîrieturi circulare sau în formă de spirală, care nu răspund la cele două fețe ale plăcii tubulare și care nu au o adîncime mai mare de 0,25 mm. După curățarea găurilor din placa tubulară se controlează diametrele găurilor cu șablonul.

Jocul dintre diametrul găurii din placa tubulară și țeavă nu trebuie să fie mai mic ca 0,001 de și mai mare ca 0,002 d_e (d_e este diametrul exterior al țevii).

Dacă unele găuri depășesc limita maximă se introduc în acestea inele din oțel moale și se prelucrează pînă la cota necesară.

Introducerea țevilor se face introducînd cîte o singură țeavă printr-o placă tubulară, prin șicane și apoi prin cealaltă placă tubulară, prin împingere.

Pentru a pătrunde mai ușor, în capul țevii se introduce o piesă de formă conică care se îndepărtează după introducerea țevii.

Îmbinarea mandrinată trebuie să nu prezinte defecte de mandrinare ca cele descrise în Capitolul II.

Inspecția. Urmărirea gradului de uzură a aparatelor din industria chimică, petrochimică și rafinării se face în mod sistematic, de către serviciul *Inspecții instalații* din cadrul serviciului mecanic. Această urmărire se face din două motive și anume:

— pentru cunoașterea precisă a locurilor și vitezei de uzură în vederea adoptării măsurilor corespunzătoare;

— pentru a se putea comanda din timp organele și subansamblurile care trebuie înlocuite.

În cadrul rafinăriilor și a industriei chimice, uzura cea mai des întîlnită se datorește coroziunilor și eroziunilor, în cazul vehiculării fluidelor care conțin particule materiale în fază solidă.

Controlul se face de către inspectorul de instalații, pe mai multe căi:

— pe calea determinării grosimii pereților cu ajutorul unor dispozitive speciale care emit impulsuri ultrasonice;

— prin ciocănire;

Scanned with OKEN Scanner

– prin măsurători comparative cu ajutorul șabloanelor;
– prin găurire și măsurarea grosimii în dreptul găurii.

Toate aceste măsurători se fac în timpul reviziilor, iar rezultatele măsurătorilor sînt trecute în cartea aparatului.

Determinarea grosimilor pe cale ultrasonică se bazează pe măsurarea timpului dintre unda emisă și unda reflectată. Metoda are avantajul că nu trebuie găurit aparatul în locul unde se măsoară. Este însă dificil de folosit, deoarece piesa trebuie să fie perfect curată în locul unde se face măsurătoarea.

Măsurarea gradului de uzură cu ajutorul șabloanelor se utilizează la aparatele unde coroziunile sînt concentrate într-o anumită zonă.

Metoda constă în executarea de șabloane din tablă, care se montează de fiecare dată în unul și același loc. După efectuarea măsurătorilor șabloanele sînt scoase din aparat și păstrate la locuri ferite de umezeală pentru a nu fi deteriorate.

Măsurarea gradului de uzură prin găurire este una din cele mai precise metode. Dezavantajul constă în slăbirea secțiunii aparatului.

Metoda constă în găurirea peretelui cu un burghiu elicoidal obișnuit, iar după îndepărtarea totală a bavurilor se măsoară grosimea peretelui cu ajutorul unui compas. După efectuarea măsurătorilor găurile se filetează cu tarozi. În găurile filetate se înșurubează dopuri conice.

Curățarea schimbătoarelor de căldură. În timpul exploatării, în aparatele de schimb de căldură se formează depuneri provenite din impuritățile celor două medii (suspensii existente în fluide, antrenarea materialului corodat, impurități etc.).

Depozitele formate pe suprafețele de schimb de căldură constituie o rezistență termică suplimentară, pe lîngă pelicula de fluid și perete, între cele două medii.

După natura lor, depozitele se împart în: depozite tari, depozite poroase și depozite moi.

Depozitele tari sînt formate din săruri, rugină, cocs, depunerile provenite din coroziunea materialelor etc. și sînt caracterizate printr-o rezistență termică, care variază aproape proporțional cu timpul.

Depozitele poroase sînt formate din depunerile indicate la prima grupă, care au în plus incluziuni de produse petroliere sau de polimerizare a acestora; au o rezistență termică mai mare decît cele din prima grupă.

Depozitele moi se formează din vehicularea fluidelor care conțin nămol, cocs, smoală, materiale vegetale etc. Se caracterizează printr-o slabă aderență, la pereții metalici și pot fi ușor îndepărtate cu o circulație intensă de lichid (viteză de 1 la 2 m/s).

Curățarea schimbătoarelor de căldură are drept scop menținerea eficacității inițiale a schimbului de căldură, prin îndepărtarea depunerilor de pe suprafața schimbătoarelor.

Scanned with OKEN Scanner

Procedeele aplicate în acest scop sînt multiple și depind de natura depozitului și de construcția suprafeței de schimb; principalele sînt: curățarea prin spălare cu apă și suflare cu abur sau aer, curățarea chimică, curățarea mecanică, curățarea fizico-chimică, curățarea prin șoc termic etc.

Curățarea prin spălare cu apă se utilizează de obicei la depozite moi. Ea constă în trecerea unui curent de apă caldă sau abur cu viteză mare. Dă rezultate mulțumitoare la depozitele de natură vegetală.

Îndepărtarea depozitelor poroase se face prin spălare, combinată cu metode mecanice. Depozitele tari se îndepărtează pe cale chimică.

Pentru depozitele ce conțin hidrocarburi se utilizează soluții alcaline, iar pentru săruri (piatră) soluții cu metafosfat, sau soluții cu acid clorhidric diluat.

Piesele din metale neferoase nu se recomandă a fi spălate cu soluții acide fără inhibitori. Această metodă are avantajul că aparatul respectiv se poate curăța fără a fi demontat.

Este rațional să se construiască un agregat mobil, pentru a putea fi folosit la mai multe instalații.

Neajunsurile principale ale curățirii chimice constau în costul ridicat și pericolul de atacare a metalului. Din această cauză se folosește mai mult pentru curățarea schimbătoarelor de căldură la exterior, unde se poate controla ușor, efectul de atacare a metalului.

Pentru curățarea schimbătoarelor de căldură la suprafața exterioară, se mai folosește metoda bazată pe dislocări mecanice. Așa de exemplu la exteriorul tuburilor se aplică un jet rapid cu apă care iese dintr-o terminație în formă de coadă de pește la presiunea de circa 75 kgf/cm^2.

În afara procedeelor amintite mai sus, în rafinării și industria chimică se folosesc pe scară destul de largă *procedeele mecanice* pentru îndepărtarea diferitelor depozite ce se formează pe suprafețele de schimb de căldură. Ele cer volum mare de manoperă.

Utilizarea acestor metode este limitată de însăși construcția aparatului, ceea ce are ca rezultat curățarea parțială a suprafeței de schimb. Metoda constă în îndepărtarea depozitelor cu ajutorul unor scule acționate manual sau mecanic.

Curățarea schimbătoarelor de căldură pe această cale, presupune demontarea parțială sau totală a acestor aparate.

Deși volumul de lucrări, care se efectuează cu acestea este mare, curățarea suprafeței de schimb la exterior a schimbătoarelor de căldură tubulare nu se poate realiza decît la un număr foarte mic de țevi.

Curățarea țevilor la exterior se efectuează prin rașchetare sau ciocănire. La schimbătoarele de căldură cu fasciculul tubular se poate rașcheta după două direcții perpendiculare cînd țevile sînt distribuite după vîrfurile unui patrat și după trei direcții în cazul distribuției triunghiulare.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru curățarea țevilor la interior se folosesc scule și dispozitive speciale.

Astfel pentru curățarea depozitelor moi din interiorul țevilor se poate folosi o perie în formă de spirală executată din materiale sintetice (naylon sau capron) care la cele două capete are cîte o terminație cilindrică, cu diametrul mai mic cu 1 pînă la 1,5 mm ca diametrul interior al țevii. Aceasta se introduce în țevi iar din spate se aplică o vînă de fluid sub presiune. Sub acțiunea presiunii peria avansează pe țeavă într-o mișcare de șurub, curățind în felul acesta suprafața interioară a țevii.

Depozitele poroase sau tari din țevile cu diametru mic de 16 mm pînă la 38 mm, se îndepărtează cu scule aşchietoare acționate de mașini de găurit pneumatice sau electrice, în felul următor:

Se demontează capacele schimbătorului de căldură și se curăță fiecare țeavă cu scule aşchietoare care se fixează de obicei prin filet, în capătul unei țevi extragroase. Scula primește mișcarea de rotație de la o mașină pneumatică de găurit, prin intermediul țevii groase, prin care se mai introduce și apă sub presiune de 1 pînă la 2 kgf/cm² pentru asigurarea răcirii sculei și îndepărtarea materialului dislocat. Apa se introduce prin spațiul inelar format între suprafața interioară a țevii supusă curățirii și suprafața exterioară a țevii extragroase.

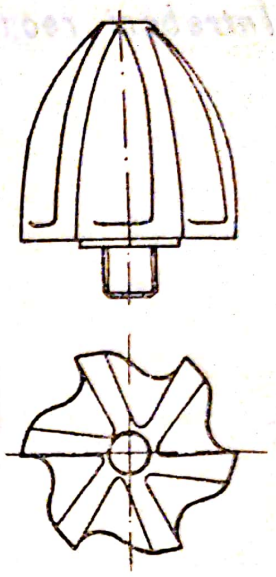


Fig. 178. Ciocan de curățat țevile la interior cu muchiile după o parabolă

Mașina pneumatică se suspendă de grinda ce servește pentru manipularea fasciculului și capacelor schimbătorului respectiv, micșorînd astfel efortul fizic al muncitorilor.

Se va verifica ca țevile să fie drepte, fără curburi cu raze mici, pentru că în acest caz există pericolul ca datorită rigidității ansamblului de curățare să conducă la aşchierea peretelui metalic al țevii.

Curățarea țevilor cu diametrul mai mare de 38 mm, se efectuează cu ciocane cu muchii de tăiere în formă de parabolă (fig. 178), sau cu dispozitiv cu role mobile.

Antrenarea lor în mișcarea de rotație se face cu turbina cu aer comprimat. Ciocanul cu muchii de tăiere în formă de parabolă se execută din fontă nodulară și se leagă de turbină prin intermediul unei articulații cardanice. Depozitul se curăță prin acțiunea de lovire și răzuire.

Aerul de antrenare a turbinei servește în același timp pentru îndepărtarea depozitului dislocat.

O metodă nouă de curățare și preîntîmpinare a formării de cruste pe pereții schimbătoarelor de căldură folosește ultrasunetele. Crusta se distruge datorită acțiunii de dispersare.

Întrebări recapitulative

1. Care sînt criteriile de clasificare a schimbătoarelor de căldură ?
2. Indicați cîteva tipuri constructive de schimbătoare de căldură și explicați funcționarea lor.
3. Din ce elemente constructive este compus un schimbător de căldură tubular ?
4. Cum se calculează plăcile tubulare ale schimbătoarelor de căldură tubulare rigide ?
5. Dar ale celor cu cap mobil ?
6. Ce probe de presiune se fac la schimbătoarele tubulare rigide ? Dar la cel cu cap flotant ?
7. Cum și de ce se montează schimbătoarele de căldură în baterie ?
8. Ce operații se execută în cadrul întreținerii și a reparațiilor curente la schimbătoarele de căldură ?
9. Ce reparații se execută în cadrul reviziilor planificate ? În ce constau aceste reparații ?
10. Care este rolul inspecției și prin ce metode se realizează ?
11. Cum și de ce se curăță schimbătoarele de căldură ?

Scanned with OKEN Scanner

A. GENERALITĂȚI

Cuptorul este o instalație de încălzire a unui material, în vederea transformării fizice, chimice sau fizico-chimice a acestuia în timpul încălzirii sau după încălzire.

Cuptorul se compune dintr-o cameră de încălzire cu pereții constituiți în general din materiale refractare rezistente la temperaturi ridicate și un sistem de încălzire cu aparataj de control și reglare.

B. CLASIFICARE

După procedeul tehnologic se deosebesc:

Cuptor de încălzire simplă, folosit pentru încălzirea materialelor solide la o temperatură inferioară temperaturii de topire.

Cuptor de topire, care se folosește pentru retopirea materialelor sau aliajelor în vederea turnării în piese, sau pentru elaborarea acestora.

Cuptor de uscare utilizat pentru deshidratarea rapidă a materialelor solide.

Cuptor de transformare chimică (de exemplu prăjire), se folosește pentru încălzirea materialelor solide, lichide sau gazoase pentru transformarea structurii chimice: degazeificare, cracare termică, pirogenare, electroliză etc.

Cuptor de distilare care se folosește pentru separarea prin distilare a componenților volatili ai unui material solid sau lichid. Se folosesc în industria chimică pentru distilarea metalelor neferoase (de exemplu cuptoare cu retorte pentru distilarea zincului) și în rafinării (de exemplu cuptoarele tubulare pentru distilarea țițeiului).

După tipul construcției, cuptoarele se pot clasifica în:

Cuptor adînc, utilizat în siderurgie pentru încălzirea lingourilor.

Cuptor cu cameră, pentru încălziri și uscări de materiale solide.

Cuptor cu clopot, folosit pentru încălzirea pieselor mari de formă cilindrică; are plafonul și pereții demontabili.

Cuptor cu creuzet, de topire sau de încălzire avînd baie.

Scanned with OKEN Scanner

Cuptor cu muflă, în care materialul este introdus într-o cutie din material refractar sau fontă numită *muflă* și este încălzit în absența gazelor de ardere. Folosește la distilarea amalgamelor de metale prețioase, pentru emailări.

Cuptor cu strat fluidizat, utilizat pentru prăjirea minereurilor de fier, zinc, cupru, aur, introduse sub formă de sulfuri în granule sau praf.

Cuptor de vatră (Siemens-Martin, cu flacără) utilizate pentru topirea și elaborarea oțelurilor.

Cuptor inelar, cu funcționare continuă folosit pentru arderea produselor ceramice.

Cuptor rotativ. Este construit dintr-o tobă cilindrică rotitoare (sau basculantă) în jurul axei sale.

Cuptoarele rotative pot fi cuptoare de uscare a nisipului, sării, de prăjire pentru elaborarea cuprului sau de ardere pentru arderea cimentului, varului, șamotei etc.

Cuptor tubular unde sînt încălzite materialele fluide care circulă prin țevi.

Cuptor-tunel în care materialul se deplasează în interiorul cuptorului. Sînt cuptoare ce pot fi automatizate și se folosesc în special în industria silicaților.

Cuptor turn folosit pentru calcinare, carbonizare, prăjire, topirea fontei (cubilou), elaborarea fontei (furnal) etc.

C. CUPTOARE TUBULARE

1. Generalități

Cuptorul tubular este încălzitorul universal pentru toate procesele de prelucrare a țițeiului la temperaturi înalte. În procesul cracării termice, cuptorul tubular este un aparat principal care îndeplinește simultan funcțiunile de încălzitor și de reactor.

În prezent în rafinăriile de petrol sînt utilizate numai cuptoare tubulare. S-au construit o mare varietate de tipuri și forme constructive de cuptoare tubulare încît este absolut necesară o clasificare a lor.

Criteriile de clasificare au fost alese astfel încît să se poată evidenția cît mai bine elementele diferențiale din punct de vedere tehnologic și constructiv.

2. Clasificarea cuptoarelor tubulare

Grupa criteriilor tehnologice cuprinde două tipuri de cuptoare:

Cuptoare de încălzire. Include cuptoarele de distilare atmosferică și de vid.

Scanned with OKEN Scanner

Cuptoare de încălzire și reacție. Include cuptoarele de cracare termică, de reformare.

Grupa criteriilor constructive

— *Criteriile formei cuptorului :*

cuptoare prismatice tip cutie. Au în secțiune formă dreptunghiulară ;

cuptoare cu bolta înclinată. Au un randament superior al transmisiei prin radiație ;

cuptoare cilindrice. Acestea se pot monta orizontal sau vertical și au forma cilindrică ;

cuptoare verticale. De tip echiflux sau multicelulare.

— *Criteriul numărului de camere de ardere :*

cuptoare cu o singură cameră de ardere ;

cuptoare cu două camere de ardere, prevăzute cu zone de convecție comune ;

cuptoare cu camere de ardere multiple. Includ în general cuptoare celulare, cu radiație centrală, eșalonată pe verticală și convecție la baza cuptorului.

— *Criteriul îmbinărilor țevilor în serpentina cuptorului :*

cuptoare cu coturi de întoarcere. Legarea tuburilor se face în acest caz prin intermediul coturilor de întoarcere. Este tipul utilizat aproape în exclusivitate ;

cuptoare cu serpentină sudată. Se utilizează numai în cazuri speciale pentru debite mici și presiuni mari.

3. Carcasa metalică a cuptoarelor tubulare

Elementul principal de rezistență al cuptoarelor îl constituie carcasa metalică. Greutatea ei reprezintă 30 pînă la 40% din greutatea cuptorului.

Forma constructivă și dimensiunile carcasei sînt variate și depind de tipul cuptorului.

Clasificarea carcaselor cuptoarelor se poate face :

După tipul constructiv :

— carcase demontabile, alcătuite din elemente simple și subansamburi montate în șuruburi ;

— carcase de tip rigid, alcătuite din panouri sudate în uzinele constructoare și asamblate demontabil între ele.

După tipul solicitărilor :

— carcase metalice pentru zidărie normală, care au rolul numai de a consolida zidăria refractară, termoizolatoare și obișnuită, greutatea zidăriei fiind preluată de zidăria obișnuită ;

— carcase metalice pentru zidărie suspendată. Acest tip de carcasă trebuie să fie robustă pentru a susține întreaga greutate a zidăriei.

Scanned with OKEN Scanner

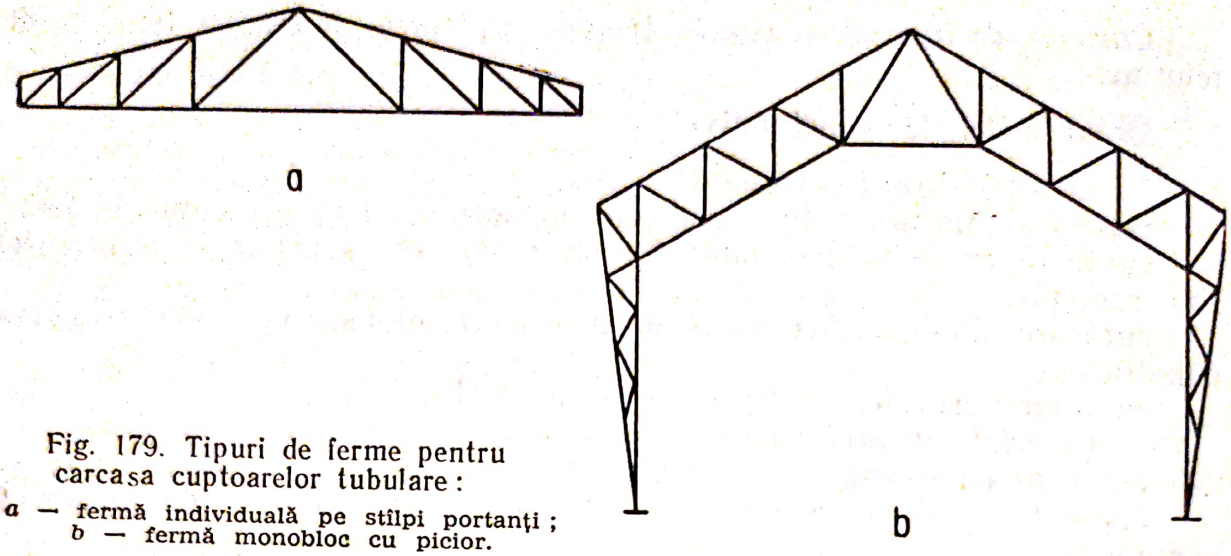


Fig. 179. Tipuri de ferme pentru carcasa cuptoarelor tubulare:
a — fermă individuală pe stîlpi portanți;
b — fermă monobloc cu picior.

După tipul fermelor:

— carcase metalice cu fermă individuală (fig. 179, *a*), pentru stîlpi portanți rigidizați între ei. Se întîlnesc la cuptoarele prismatice tip cutie;

— carcase cu fermă monobloc compuse din cadru cu picior și articulație (fig. 179, *b*). Aceste carcase se folosesc în construcția cuptoarelor cu boltă înclinată.

Elementele componente ale carcaselor

— *fermele individuale* au cadru cu picior și articulații cu bolț, care se pot executa în uzine din mai multe elemente care se sudează la montaj;

— *penele, contravîntuirile* și *tablele de acoperire* care se montează peste ferme și alcătuiesc acoperișul;

— *stîlpii principali* pe care se montează fermele individuale;

— *stîlpii de consolidare* care poartă zidăria de pe pereții cu injectoare;

— *centuri de consolidare — rigidizare*;

— *centuri secundare* care realizează ramele cutiilor coturilor de întoarcere;

— *grinzi intermediare* pentru susținerea tuburilor și armăturilor;

— *rigle interioare* pentru suporturi port-cărămizi (în cazul zidăriei suspendate);

— *podețe și scări de deservire, bare de salvare* etc.

Calculul carcasei cuptoarelor

Calculul stîlpilor, penelor, centurilor, grinzilor intermediare, riglelor se bazează pe noțiuni de rezistență elementară și nu prezintă condiții speciale. Trebuie dată însă o atenție deosebită în stabilirea eforturilor care acționează aceste elemente (greutatea tuburilor, zidăriei portante, armăturilor, greutății produsului etc.).

Eforturile în grinzile fermelor se calculează cu ajutorul epurei Cremona. Carcasa se verifică și la eforturile datorită vîntului.

Scanned with OKEN Scanner

4. Echipamentul şi armăturile cuptoarelor tubulare

La construcţia cuptoarelor tubulare se folosesc o serie de piese specifice care caracterizează fiecare tip de cuptor.

a. Ţevile cuptoarelor

Serpentina cuptoarelor este alcătuită din ţevi fără sudură, trase, groase şi extragroase, cu diametrul exterior cuprins între 60 şi 168 mm. Lungimea ţevilor cuptoarelor este de 6—10 m, şi poate ajunge pînă la 15 şi chiar 18 m, în funcţie de tipul de cuptor

Grosimea pereţilor ţevilor este de 6—15 mm, în funcţie de temperatura şi presiunea produsului din ţevi.

Ţevile de cuptor se execută prin tragere din oţel carbon de tipurile OLT 35 sau OLT 45, din oţel aliat de tipurile OAT 3, OAT 4 sau OAT 5 sau din oţel inoxidabil de tipul 18.8 (18% crom şi 8% nichel).

Ţevile din oţel carbon se utilizează pentru cuptoarele destinate distilării primare, pentru secţiile de convecţie din cuptoarele instalaţiilor de cracare, reformare etc. care utilizează ţiţeiuri cu conţinut redus de sulf (sub 1%).

Ţevile din oţel aliat se utilizează pentru secţiile de radiaţie din cuptoarele instalaţiilor de cracare, reformare care utilizează de asemenea ţiţeiuri cu conţinut redus de sulf.

Ţevile din oţel inoxidabil se folosesc în cazul ţiţeiurilor conţinînd mult sulf.

b. Coturile de întoarcere

Acestea sînt armăturile prin care se realizează legătura între ţevi, alcătuind împreună cu acestea complexul cunoscut sub denumirea generală de *serpentina cuptorului*.

Ele se execută turnate sau forjate, de următoarele tipuri constructive:

- *coturi de întoarcere cu două ţevi*, pentru un circuit simplu;
- *coturi de întoarcere cu patru ţevi*, pentru circuit dublu;
- *coturi terminale* pentru mandrinare sau cu filet etc.

Pentru a asigura o bună circulaţie a ţiţeiului prin serpentină, coturile de întoarcere trebuie să fie astfel construite în cît să îndeplinească următoarele cerinţe:

- să aibă un sistem simplu dar sigur de îmbinare cu ţevile;
- să asigure accesul cît mai comod pentru curăţarea ţevilor;
- să fie rezistente la coroziune şi eroziune;

Scanned with OKEN Scanner

— să reziste în condiții optime la solicitările mecanice (de presiune) și termice;

— să aibă gabaritul cît mai mic pentru a putea monta țevile cît mai grupat în vederea obținerii într-un volum dat a unei suprafețe maxime.

Coturile de întoarcere se execută în două construcții:

— coturi de întoarcere nedemontabile (monobloc);

— coturi de întoarcere demontabile (cu curbă).

Coturile de întoarcere cu corpul monobloc se execută pentru presiuni de 40, 100 și 160 kgf/cm² și temperaturi sub 400°C din oțel turnat (fig. 180, *a*), iar pentru presiuni și temperaturi mai mari forjate din oțeluri aliate. Ele se montează astfel: în urechile corpului se introduc punțile *4* și prin intermediul șurubului *5* se presează dopul *2*.

Avantajele coturilor de întoarcere cu corpul monobloc sînt următoarele:

— permit racordarea a două, trei sau patru țevi, fiind deci din punct de vedere tehnologic mai maleabile;

— asigură o centrare bună și ușoară la montaj;

— este o construcție mai robustă și deci se poate folosi pentru presiuni mai ridicate;

— se construiesc ușor, necesitînd utilaje obișnuite.

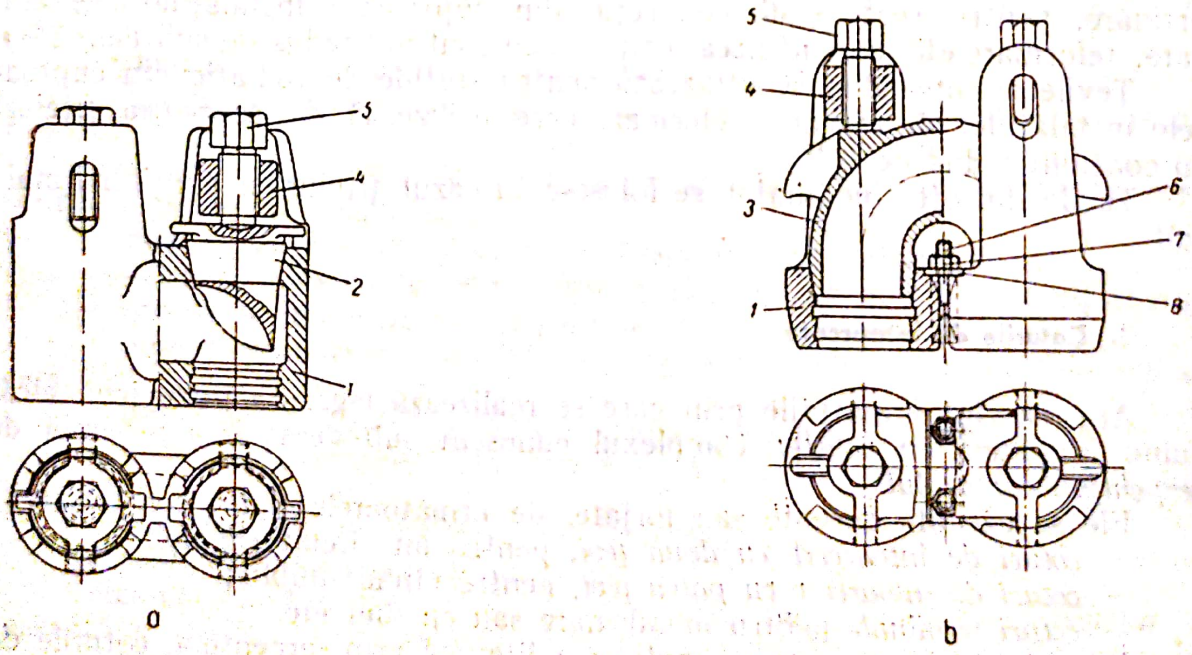


Fig. 180 Coturi de întoarcere

a — cu corpul monobloc; *b* — cu corpul din două bucăți; *1* — corpul; *2* — dopuri; *3* — curba; *4* — punțile; *5* — șuruburile; *6* — șurub de centraj; *7* — piuliță de centraj; *8* — plăcuță de centraj.

Pe de altă parte au și unele *dezavantaje :*

— în cazul degradării unei țevi, trebuie sacrificate și țevile adiacente de racordare ;

— pierderile hidraulice de presiune sînt mai mari ;

— apar coroziuni și eroziuni la corp mai rapide, datorită formei necorespunzătoare ;

— greutatea pe bucată este mai mare.

Coturile de întoarcere din două bucăți (fig. 180, *b*) se caracterizează prin existența a două corpuri individuale *1* și curba *3*. Presarea se face în acest caz cu ajutorul șurubului *5* care împinge cotul în locașul din corp și se sprijină la rîndul său pe urechile corpului prin intermediul punții.

Avantajele utilizării acestui tip de coturi sînt următoarele :

— înlocuirea unei țevi degradate se poate face fără sacrificarea celorlalte țevi adiacente ;

— pierderile de presiune sînt mai mici datorită unei conduceri hidraulice optime ;

— rezistența este mai ridicată la coroziune și în special la eroziune ;

— greutatea unitară este mai mică.

Prezintă și unele *dezavantaje*, cum sînt :

— se poate realiza numai racordarea a două tuburi, nefiind posibilă realizarea de circuite în paralel ;

— centrarea la montaj este dificilă ;

— prelucrarea acestor coturi necesită manoperă mai multă, de înaltă calificare și mașini de înaltă precizie.

Realizarea unor coturi de calitate trebuie să asigure o înaltă etanșeitate între cele două îmbinări și anume :

— între locașurile conice ale corpurilor și dopuri, respectiv curbă ;

— între orificiile de mandrinare și țevi.

Îmbinarea coturilor cu țevile este nedemontabilă, iar îmbinarea dopurilor respectiv curbei este demontabilă.

Îmbinarea prin coturi de întoarcere a serpentinelor se utilizează pentru cuptoarele de distilare atmosferică, cracare termică, cracare catalitică etc.

Coturile de întoarcere se fixează prin mandrinare pe țevile cuptorului.

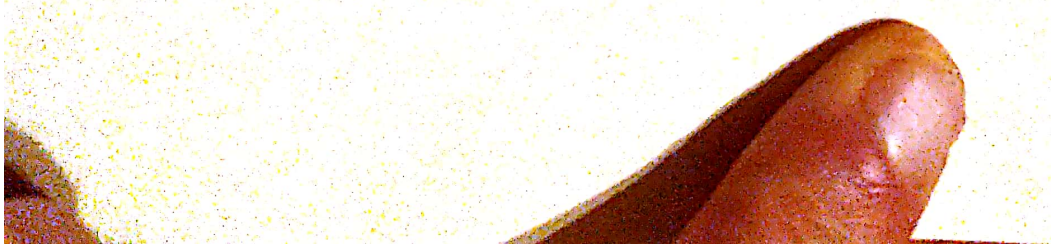
Coturile terminale se îmbină prin filet de țevi și apoi se etanșează prin sudură.

c. Suporturile pentru țevi

Acestea sînt piesele care servesc la suspendarea țevilor în interiorul camerelor de ardere.

În funcție de sistemul de fixare, se deosebesc două tipuri :

Suporturi nedemontabile. După poziția lor în interiorul cuptorului de deosebesc :



Scanned with OKEN Scanner

– suporturi nedemontabile de plafon (fig. 181, *a*) care susțin 12 pînă la 16 țevi pe unul sau două rînduri. Deși sînt mai economice, se renunță la ele deoarece produc dificultăți în exploatare;

– suporturi nedemontabile pentru țevile de radiație podea care se fixează prin șuruburi de ancorare. Sînt greu solicitate termic;

– suporturi nedemontabile pentru țevile de radiație laterale (fig. 181, *b*).

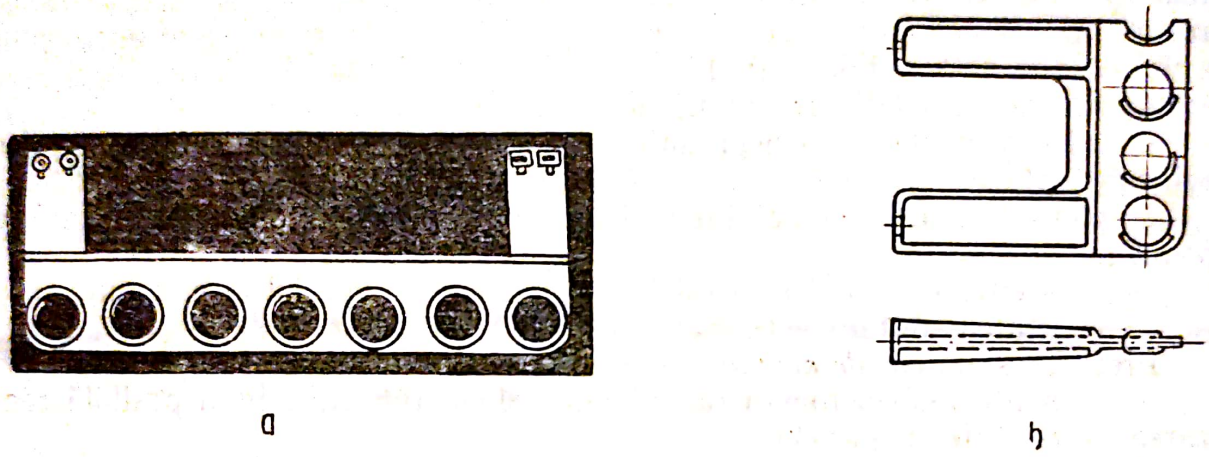


Fig. 181 Suporturi nedemontabile pentru țevi:
a — de plafon; *b* — lateral.

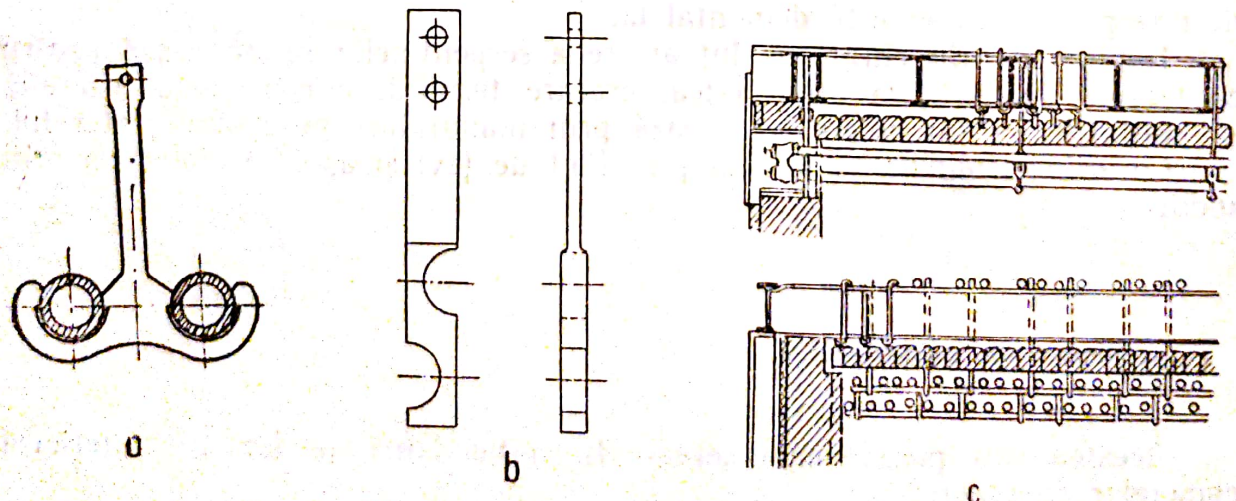


Fig. 182. Suporturi demontabile pentru țevi.

Suporturile demontabile susţin numai cîte două ţevi pentru unul sau două rînduri şi sînt de mai multe tipuri :

– în formă de ancoră (fig. 182, *a*). Acest tip este constructiv cel mai raţional şi cel mai comod în exploatare. Este rezistent, permite o uşoară montare a ţevilor, precum şi înlocuirea lor. Aceste calităţi au făcut ca acest tip să fie cel mai utilizat şi mai indicat ;

– în formă de jumătăţi de placă (fig. 182, *b*). Se utilizează pentru unul sau două rînduri de ţevi, permite un montaj uşor, dar prezintă dificultăţi la înlocuirea ţevilor ;

– în formă de grindă demontabilă din bucăţi (fig. 182, *c*). Este tipul care se utilizează numai pentru ţevile de radiaţie de pe plafon. Permit montarea şi demontarea comodă a ţevilor, însă este o construcţie mai fragilă.

Suporturile lucrează la temperatură ridicată şi la solicitări din partea ţevilor destul de mari. Din această cauză se execută din oţeluri aliate crom-molibden.

d. Suporturile pentru zidăria refractară

Suporturile se utilizează pentru a susţine cărămida refractară şi masa izolatoare.

Suporturi de plafon care susţin cărămida refractară prin agăţare şi se execută în următoarele forme constructive :

– suporturi de plafon care se ancorează direct de grinzile intermediare prin ciocuri (fig. 183, *a*). Cărămizile în număr de 12 pînă la 20, se înşiră în sistemul coadă de rîndunică pe talpa inferioară. Sînt suporturi greoaie şi imprecise însă se montează uşor ;

– suporturi de plafon cu tiranţi (fig. 183, *b*) susţin 12 pînă la 16 cărămizi care se înşiră tot în sistemul coadă de rîndunică. Suporturile se ancorează de grinzile intermediare cu ajutorul unor tiranţi care permit o montare mai corectă. Sînt însă mai scumpe deoarece necesită o prelucrare mai fină ;

– suporturile de plafon în formă de lame (fig. 183, *c*) sînt foarte simple. Ele constau din lame de oţel inoxidabil, prevăzute cu găuri avînd diametrul de circa 30 mm prin care se introduc bare de rigidizare care trec şi prin cărămizi. Aceste lame sînt agăţate de nişte bare superioare prin intermediul unor undiţe ;

– suporturile pentru cărămizi pană (fig. 183, *d*) susţin o singură cărămidă. Ele sînt montate între două suporturi normale şi permit demontarea întregului plafon.

Suporturile de suspendare pentru pereţi sînt construite atît pentru a susţine fiecare cîte o cărămidă (individuale) cît şi pentru a susţine grupuri de 6 pînă la 10 cărămizi (pachete).

Scanned with OKEN Scanner

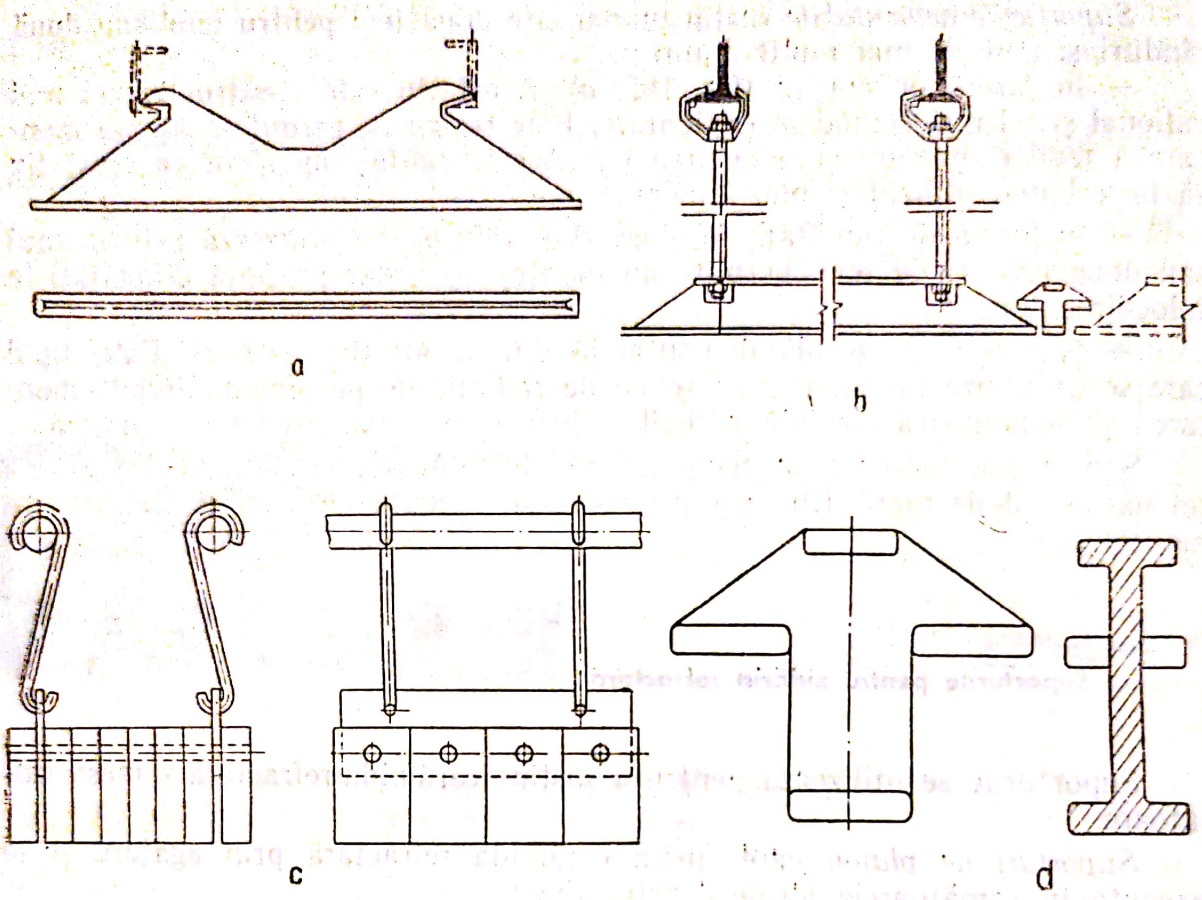


Fig. 183. Suporturi pentru zidărie de plafon
a — cu cioc ; *b* — cu tiranți ; *c* — tip lamă ; d — pene.

e. Plăcile tubulare

Plăcile tubulare au rolul de a susține sistemul tubular și au forma din figura 184. După amplasarea lor, pot fi frontale sau intermediare. Se execută din fontă cenușie (Fc 15 sau Fc 20).

Plăcile frontale de convecție sînt plăcile terminale de la fețele cuptorului și susțin țevile și coturile în zona de convecție. Au următoarele dimensiuni : lățimea 1 pînă la 2 m, înălțimea 0,6 pînă la 1,4 m și grosimea 16 pînă la 22 mm.

Plăcile sînt prevăzute cu găuri filetate, amplasate în spațiul dintre găurile prin care trec țevile, cu scopul de a fi montate șuruburi cu ochi de care să se fixeze masa refractară prin intermediul unei plase de rabiț.

Plăcile se fixează prin șuruburi de masa metalică a altarului (peretelui despărțitor al cuptorului). Găurile pentru aceste șuruburi sînt ovale pentru a compensa dilatarea diferită a plăcilor și a altarului.

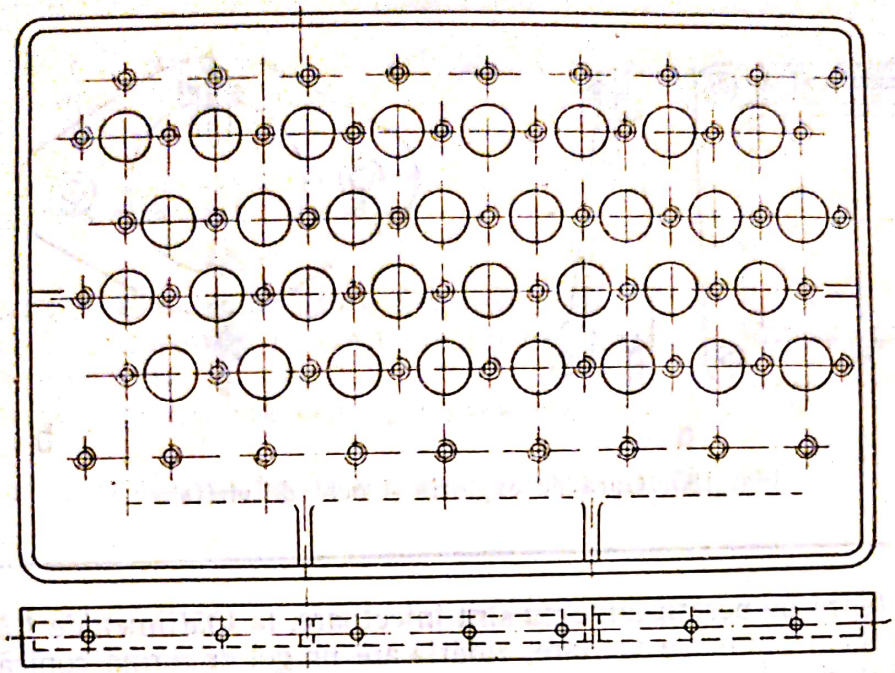


Fig. 184. Placă tubulară pentru cuptore.

Plăcile intermediare de convecție susțin în interiorul cuptorului țevile de convecție. Ele au aceeași formă constructivă ca și plăcile frontale numai că marginile pentru susținerea masei refractare, ca și locașurile prezoanelor sînt pe ambele fețe.

Plăcile frontale de radiație de podea, plafon sau laterale sînt plăcile tubulare terminale care susțin țevile de radiație. Se fixează de construcția metalică a cuptorului și se izolează numai pe o singură parte și anume pe fața dinspre focar.

f. Gurile de explozie sau clapetele

Acestea (fig. 185, *a*) sînt armăturile care asigură cuptorul împotriva exploziilor, deschizîndu-se în cazul unei suprapresiuni care apare în cuptor accidental cînd se sparge o țeavă sau în caz de explozie. Sînt prevăzute cu balamale orizontale la partea superioară. Se montează cîte una sau două bucăți pentru fiecare cameră de ardere, pe pereții pe care nu se află injectoare, la distanțe de 1 – 1,5 m de la plafon. Se execută din fontă refractară cu siliciu sau fontă cenușie.

g. Ochiurile de vizare

Acestea (fig. 185, *b*) sînt armăturile prin care se observă mersul arderii. Se construiesc cu balama superioară ca în figura 185 sau de tipul ghilotină, din fontă refractară cu siliciu sau fontă cenușie.

Scanned with OKEN Scanner

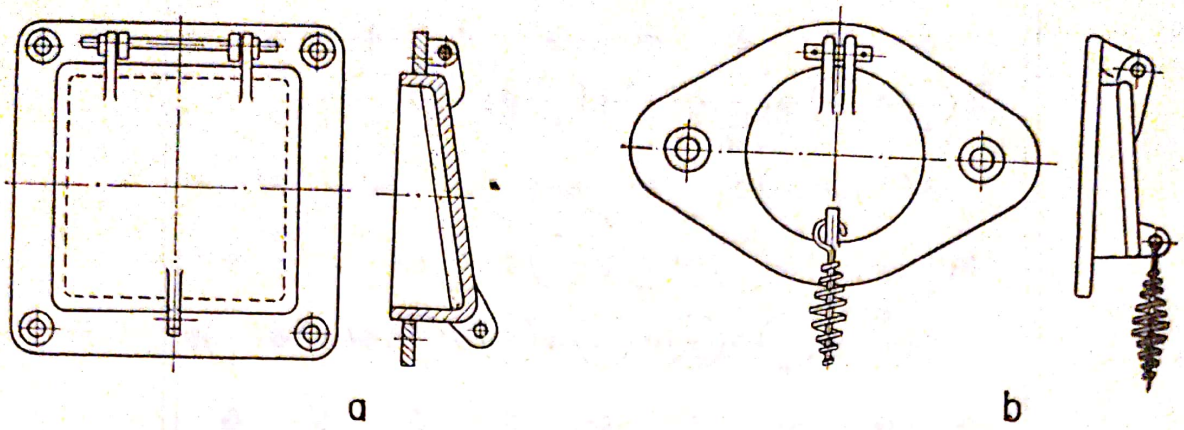


Fig. 185. Gură de explozie şi ochi de vizitare.

Se montează pe pereţii unde nu sînt injectoare, la înălţimea de 1,5—1,7 m. În dreptul ochiului de vizitare, zidăria are un gol de formă conică cu baza mare spre interiorul cuptorului, care să permită observarea pe întreaga înălţime a cuptorului.

h. Uşile de inspecţie

Uşile sînt armăturile care au rol de gură de vizitare şi permit accesul în cuptor. Capacul uşii este prevăzut cu un ochi de observaţie. Înălţimea uşii este de 650 mm, iar lăţimea de 550 mm. Se montează la 1,2 m de la podea.

Fiecare uşă este prevăzută cu zăvor de închidere. Se montează cîte o uşă de inspecţie pentru fiecare cameră de ardere.

Se execută din fontă refractară cu siliciu sau fontă cenuşie.

i. Armăturile exterioare

Armăturile exterioare cuprind uşile de la camerele coturilor de întoarcere. Sînt executate din tablă OL 37 cu grosimea de 3—5 mm şi au rolul de a asigura etanşeitatea cutiilor pentru fitingurile de întoarcere.

5. Zidăria refractară şi termoizolatoare a cuptoarelor tubulare

Zidăria cuptoarelor tubulare are rolul de a prelua sarcinile termice ale cuptoarelor, de a mări prin reflecţie cantitatea de căldură radiată către serpentină şi de a etanşa cuptorul.

Scanned with OKEN Scanner

Căptușeala refractară cuprinde atît secția de radiație și convecție, cît și canalele de fum și baza coșului.

a. Proprietățile materialelor refractare

Refractaritatea este temperatura maximă pînă la care produsul refractar rămîne rigid. Refractaritatea materialului folosit trebuie să depășească cu cel puțin 10% temperatura de regim.

Un material se consideră refractar dacă rezistă la temperatura de minimum 1 580°C.

Refractaritatea cîtorva produse curent folosite este cuprinsă în tabela 13.

Tabela 13

Refractaritatea unor materiale refractare curent folosite

Denumirea	Refractaritatea °C
Produse de șamotă	1 610—1 750
Produse silico-argiloase	1 580—1 730
Produse super-aluminoase	1 780—2 000
Produse de silică	1 710—1 720
Produse de argilă refractară	1 580—1 750
Produse refractare magnezitice	>2 300
Produse refractare cromo-magnezitice	>2 000
Produse refractare dolomitice	>2 000

Deformația sub sarcină la temperaturi înalte se exprimă ca valoare a temperaturii maxime la care materialul refractar își pierde rigiditatea (se înmoaie) atunci cînd simultan cu acțiunea temperaturii, produsul refractar este solicitat mecanic la compresiune.

Constanța de volum la temperaturi înalte este proprietatea produselor refractare de a-și schimba cît mai puțin volumul.

Stabilitatea termică sau rezistența la șoc este proprietatea materialelor refractare de a rezista la variații bruște și repetate de temperatură, fără ca materialul refractar să-și modifice structura, să crape, să se exfolieze sau să se distrugă.

Rezistența la acțiuni chimice este proprietatea materialelor refractare de a se opune acțiunii exercitate la temperaturi ridicate de agenții chimici din cuptor ca: gaze, cenușă, zgură sau chiar de lichide corosive.

Permeabilitatea la gaze este proprietatea materialelor refractare de a fi străbătute de gaze. Produsele refractare trebuie să nu fie permeabile la gaze, adică să nu permită pierderi de gaze prin difuzie. Această proprietate depinde

Scanned with OKEN Scanner

de porozitatea materialului care trebuie să aibă valori scăzute pentru a realiza o bună etanşare a cuptorului.

Rezistenţa mecanică la compresiune este încărcarea maximă în kgf/cm² suportată de un material refractar fără a se distruge sau deforma.

Valorile ei depăşesc 250 kgf/cm², depinzînd de modul de prelucrare, presare, ardere sau uscare a materialului fasonat.

Rezistenţa la şocuri mecanice. Valorile ei ridicate micşorează procentul de spărturi apărute la transport şi montaj.

b. Sisteme de zidire

Zidăria cuptoarelor tubulare poate fi realizată în mai multe variante:

Zidărie portantă care se execută din cărămidă refractară normală şi mortar refractar analog zidăriei din cărămidă roşie. Această zidărie se placează în exteriorul cuptorului cu zidărie roşie intercalîndu-se mase izolatoare în scopul micşorării pierderilor de căldură.

Mortarele folosite vor avea o compoziţie chimică cît mai apropiată de materialul zidăriei.

Pentru a se prelua împingerile datorite dilatărilor şi a fixa armăturile, zidăria se ancorează la o construcţie metalică. Grosimea pereţilor atinge în acest sistem 2 pînă la 3 cărămizi. Pentru a se mări stabilitatea zidăriei, se execută o întrepătrundere a cărămizilor refractare cu cele roşii.

Între zidul refractar şi cel de cărămidă roşie se introduce diatomit pulverulent ca masă izolantă.

În acest sistem întreaga greutate a zidăriei este preluată de zidul propriu-zis, care se comportă ca un monolit, dînd rezultate nesatisfăcătoare la variaţii de temperatură şi la solicitări termice.

Preluarea solicitărilor mecanice apărute în urma dilatărilor termice, se face prevăzînd în zidărie rosturi de dilataţie. La lungimi mici de zidărie, sau la diferenţe mici de temperatură, aceste rosturi pot lipsi, mortarul dintre cărămizi preluînd eforturile.

Avantajele acestui sistem de înzidire constă în simplitatea construcţiei şi folosirea cărămizilor normale.

Dezavantajele sistemului sînt următoarele:

- grosimea mare a pereţilor;
- dificultăţi în compensarea dilatărilor, datorită coeficienţilor diferiţi de dilatare a cărămizilor refractare şi roşii;
- fundaţii masive pe toată lungimea pereţilor;
- reparaţii dificile ale zidăriei.

Pentru aceste motive, acest sistem este folosit numai la cuptoare de mică capacitate şi în realizarea anumitor părţi ale cuptoarelor mari (podea, prag).

Scanned with OKEN Scanner

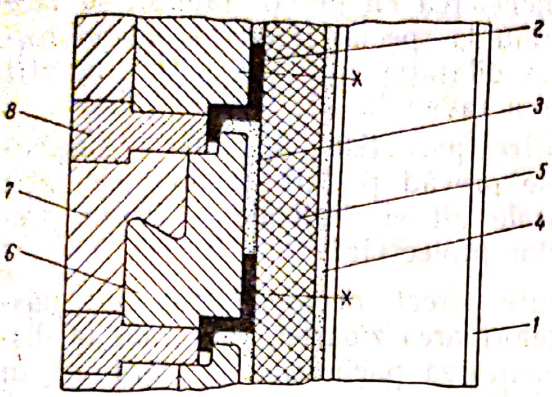


Fig. 186. Zidărie suspendată pe pereți :
1 — carcasă metalică ; *2* — suport zidărie ; *3* — strat izolator ; *4* — izolație ; *5* — izolație fasonată ; *6, 7* — cărămidă refractară ; *8* — cărămizi pană.

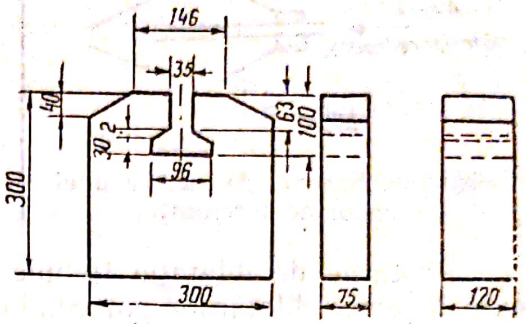


Fig. 187. Cărămidă refractară de plafon

Zidăria suspendată. *Zidăria pereților* se realizează prin montarea pe suporturi metalice a cărămizilor de formă specială în diferite sisteme (individual sau pachete).

După forma cărămizilor folosite înzidirea se poate face cu rosturi drepte sau șicanate.

Folosirea cărămizilor șicanate are avantajul discontinuității rosturilor, ceea ce conduce la micșorarea pierderilor termice. Prezintă însă dezavantajul unei fasonări mai complicate a cărămizii, tipuri mai multe de cărămizi fasonate și o grosime mai mare a peretelui.

În figura 186, este reprezentat un sistem modern de zidărie suspendată, în care rîndul exterior de cărămidă refractară *6* este suspendat, iar rîndul interior de uzură *7* este ancorat de rîndul exterior în sistem pană-nut, încleștat și completat cu cărămizile pană *8*.

Acest sistem are avantajul unei ușurințe remarcabile în înlocuirea cărămizilor arse, sparte sau fisurate în exploatare.

Montajul zidăriei refractare suspendate se face de către muncitori specializați. Se amplasează o schelă de lemn pentru accesul ușor la locurile de montaj în interiorul cuptorului.

Zidăria tavanelor se realizează aproape în exclusivitate cu zidărie suspendată.

Cărămizile folosite în mod curent sînt fasonate, cu coadă de rîndunică (fig. 187) și se îmbracă pe suporturi suspendate de fermele acoperișului.

Între două suporturi consecutive se introduce o cărămidă pană care poate fi extrasă prin podul cuptorului, permițînd astfel înlocuirea oricărei cărămizi arse.

Scanned with OKEN Scanner

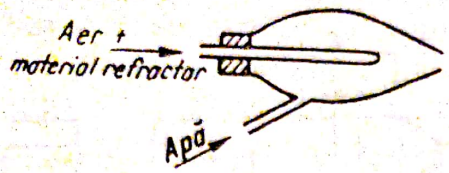


Fig. 188. Schema de lucru a unui pistol de torcretat.

Încheierea cu pereții laterali se face cu cărămidă special fasonată, lăsînd rosturi de dilatație șicanate, permițînd atît dilatarea tavanului cît și a pereților.

Între pachetele de zidărie suspendată se prevăd rosturi de dilatație, atît orizontale cît și verticale, conform prevederilor proiectului.

Rosturile de dilatație trebuie prevăzute corect, deoarece eforturile născute în urma dilatărilor pot conduce la deformarea zidăriei, sau chiar la distrugerea ei. Aceste rosturi permit și demontarea pachetelor de cărămizi în scopul înlocuirii cărămizilor arse.

După astuparea rosturilor cu materiale de umplutură, zidăria se acoperă cu o glazură avînd rolul de strat de uzură protector.

Zidăria torcretată este un sistem modern de zidărie refractară prezentînd avantaje considerabile asupra celorlalte sisteme.

Zidăria torcretată se depune prin împroșcare sub presiune cu ajutorul unui pistol special. Mortarul este adus pe cale pneumatică dintr-un buncăr etanș la o presiune de 3 la 6 kgf/cm², în amestec cu masa refractară.

Amestecarea mortarului cu apă se face chiar în pistolul de torcretat (fig. 188).

Materialele folosite în amestecul refractar vor avea o granulație sub 2 mm și vor fi curățate prin cernere de materii organice sau impurități.

Suprafețele pe care se depune zidăria torcretată se curăță prin sablare cu nisip de cuarț sau alice. Pentru întărirea zidăriei se folosesc plase de rabiț sau cîrlige sudate în eșichier la un pas de 200–250 mm.

Masa refractară se depune în straturi subțiri aplicate de jos în sus pe întreaga suprafață, fără oprire, pînă la asigurarea grosimii de strat proiectate. Rosturile de lucru nu sînt permise. În caz de oprire forțată a lucrului, rostul se va șanfrena sub un unghi ascuțit. La reluare rostul va fi curățit și umezit.

Operația de torcretare trebuie să fie efectuată la temperaturi cuprinse între +10°C și +30°C. Pe timp friguros se asigură încălzirea cu ajutorul caloriferelor cu abur, izolîndu-se locul de muncă cu foi de material plastic sau paravane de rogojini sau stufit.

În cazul cînd temperatura pieselor care se torcretează depășește +30°C, se va asigura răcirea sa prin stropire cu apă, pe partea opusă.

După depunerea torcretului, acesta se va menține umed prin stropire cu apă pe toată perioada prizei. Pentru preluarea dilatărilor, pe suprafețele torcretate se fac carouri prin scrijelire pe o adîncime de 5–6 mm. După terminarea prizei, torcretul se va lăsa încă 72 h să se întărească la temperaturi cuprinse între 10 și 30°C.

Avantajele torcretării:

- ansamblul zidăriei este mai simplu;
- tehnologia de înzidire este mai simplă și mai rapidă;

Scanned with OKEN Scanner

– reparațiile se fac ușor prin dăltuire și torcretare;
– rosturile de dilatare sînt minime;
– folosirea materialului refractar pulverulent, neprelucrat;
– prețul de cost cu circa 25% mai scăzut.

Betoanele refractare se folosesc la realizarea cuptoarelor din rafinării și au avantajul că înlătură aproape complet carcasa metalică.

Se realizează fie prin turnare directă la locul de montaj, fie prin prefabricare, evitîndu-se astfel prelucrarea anterioară a cărămizilor, cît și montarea lor.

Betoanele refractare sînt standardizate și pot fi realizate armate și nearmate, calitățile lor fiind perfect comparabile cu cele ale materialelor refractare obișnuite. Refractaritatea poate ajunge la 1 600°C, contracția este foarte mică, rezistența la șoc termic foarte ridicată, conductibilitatea redusă. Aceste betoane pot fi încălzite pînă la temperatura de regim după 24 h de la turnare, nefiind necesară o ardere preliminară, variația dimensională fiind minimă.

Betonul refractar se compune din ciment aluminos, agregate refractare și apă. Prin amestecul cimentului aluminos cu agregatele refractare are loc o legătură ceramică, care la ridicarea temperaturii produce compuși cu punct înalt de topire.

Prepararea betonului refractar este similară cu a betoanelor obișnuite cu condiția ca agregatele folosite să fie bine umezite pentru a nu absorbi apa necesară hidratării cimentului.

Rezistența la sfărîmare a betoanelor ajunge la 140 și chiar 150 kgf/cm², atît la cald cît și la rece, această rezistență variind direct proporțional cu cantitatea de ciment și invers proporțional cu refractaritatea.

Variațiile dimensionale după ardere ale betonului refractar sînt atît de mici, încît dimensiunile sînt practic egale cu cele de la turnare. Rezultă că betonul refractar poate fi turnat de la început la dimensiunile finale fără a se ține seama de contracția după ardere.

Coeficientul de conductibilitate termică este mai scăzut cu 25% față de al cărămizilor refractare și permite folosirea sa chiar fără înzidire izolatoare suplimentară.

Betoane refractare armate. Armarea betoanelor refractare se face ținînd seama de următorii factori:

– dilatarea diferită a betonului și armăturii;
– influența temperaturilor ridicate asupra armăturii.

Căptușelile din beton refractar armat se realizează astfel: armătura betonului este din oțel beton lis sau profile laminate așezate paralel (într-un singur sens). Armătura poate fi ancorată la carcasa metalică a cuptorului pentru a i se asigura o stabilitate mărită. Dilatarea diferită a armăturii față de betonul refractar este asigurată dacă se acoperă cu o pastă din azbest mărunțit și apă, care joacă și rol de termoizolant. Grosimea stratului de azbest se determină astfel încît temperatura armăturii să nu depășească 400°C.

Scanned with OKEN Scanner

Rosturi de dilatație. Datorită diferențelor de temperatură dintre zidăria refractară și carcasa de susținere a cuptorului, pot apărea dilatări ale zidăriei, care să ducă la deformarea, respectiv la distrugerea acesteia. Pentru anihilarea acestui efect se prevăd rosturi de dilatație, atît verticale cît și orizontale.

Montarea izolației termice. La izolarea termică a cuptoarelor se folosesc materiale cu coeficient de transmisie mic ($\lambda = 0{,}05 - 0{,}22$ kcal/m·h·grd), care pot fi împărțite în:

– materiale granulare (diatomit praf, lînă de zgură, vată minerală, vată de sticlă etc.);

– masticuri (azbozuritul praf plasticizat cu apă și uscat. Se utilizează cu adaosuri fibroase sau nearmate);

– materialele sub formă de foi (carton de azbest, rogojini de vată de sticlă sau de zgură);

– mortare și betoane ușoare (betonul de zgură, mortare pe bază de diatomit și azbest).

Izolarea pereților se face prin zidărie de cărămidă sau cu masă pulverulentă introdusă între zidăria refractară și cea roșie. Izolarea tavanului se face cu masă pulverulentă sau carton de azbest.

Capacele cutiilor coturilor de întoarcere se izolează cu carton de azbest sau rogojini de vată de zgură, iar cele ale gurilor de vizitare sau explozie prin adăugare de masă izolantă în amestecul de torcretare.

6. Tipuri reprezentative de cuptoare tubulare

a. Cuptor cu o singură cameră de ardere (fig. 189)

Acest cuptor se caracterizează prin cameră de ardere unică, cu radiație pe plafon și podea, cu convecție laterală și perete despărțitor răcit.

Acest tip de cuptor se utilizează pentru debite și presiuni mici și medii. Țevile de radiație pot fi așezate paralel ca în figura 189 sau perpendicular pe convecție. Cuptoarele de acest tip dau rezultate satisfăcătoare, însă au și unele dezavantaje:

– suprafața de radiație prea mică;
– randamentul termic scăzut;
– exploatarea dificilă și costisitoare.

b. Cuptor cu două camere de ardere (fig. 190)

Acest tip de cuptor este înzestrat cu două camere de ardere de volum egal, care comunică între ele la partea superioară. Convecția este centrală, delimitată de doi pereți despărțitori care sînt răciți la interior.

Scanned with OKEN Scanner

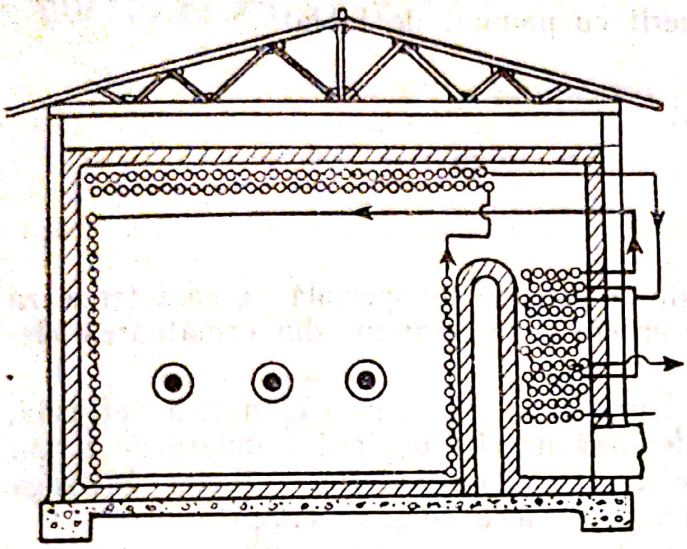


Fig. 189. Cuptor cu o cameră de ardere folosit la distilarea primară a țițeiului.

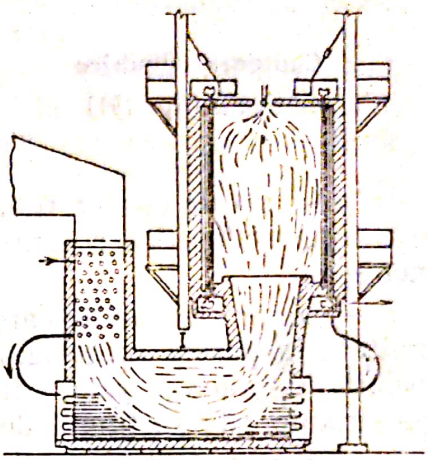


Fig. 191. Cuptor cilindric vertical.

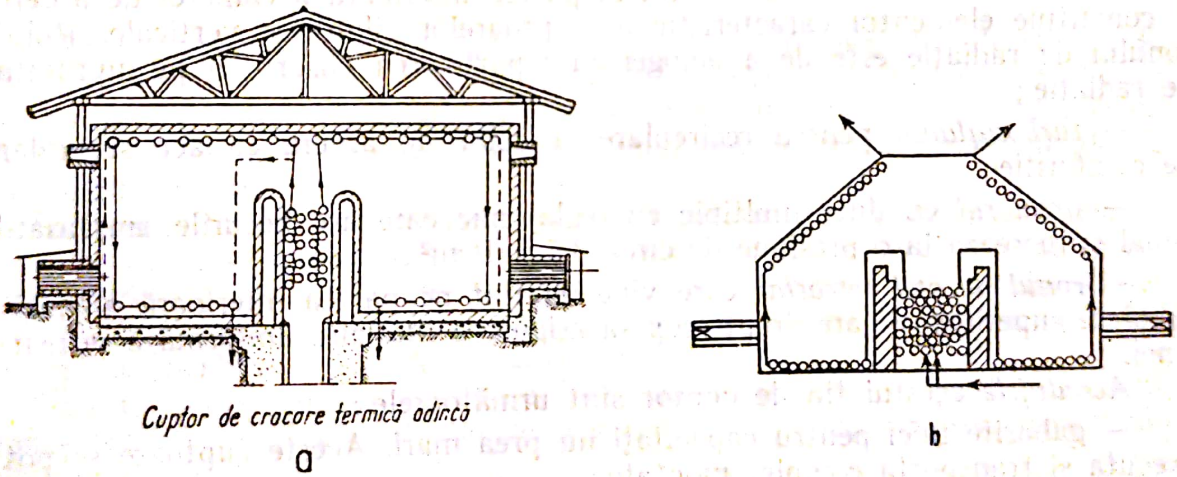


Fig. 190. Cuptor cu două camere de ardere:
a — primastic ; *b* — cu boltă înclinată.

Această construcție este caracteristică cuptoarelor de mare capacitate și au zidăria de tip suspendat. Canalul de fum este de cele mai multe ori în continuarea convecției. Injectoarele pentru acest tip de cuptor sînt în număr de 6 pînă la 10 pentru fiecare cameră și sînt dirijate perpendicular pe tuburi. Sînt cuptoare de mare solicitare termică și din această cauză sînt prevăzute cu izolație triplă.

Scanned with OKEN Scanner

Cuptorul din figura 190, *a* are zidăria de tip suspendat pe o construcție metalică demontabilă și este acoperit cu panouri de tablă.

c. Cuptoare cilindrice verticale (fig. 191)

Acest tip de cuptor tubular este de construcție specială, se caracterizează prin forma cilindrică a camerei de ardere și se compune din următoarele elemente:

— *camera de ardere* care este formată dintr-o manta cilindrică verticală, limitată la partea superioară și inferioară de cîte o placă tubulară de formă inelară. Mantaua și plăcile tubulare se izolează cu material refractar. Întreaga construcție este susținută de o carcasă metalică de susținere;

— *suprafața de încălzire* constă din zona de radiație care este alcătuită din țevi verticale montate pe circumferința camerei de ardere, pe unul sau două rînduri, avînd aproximativ jumătate din întreaga suprafață de încălzire și zona de convecție montată în partea inferioară a conului de radiație;

— *conul de radiație* este montat la partea inferioară a camerei de ardere și constituie elementul caracteristic al cuptoarelor cilindrice verticale. Rolul conului de radiație este de a omogeniza repartizarea absorbției pe suprafața de radiație;

— *turbosuflanta* pentru recircularea gazelor de ardere ca aer secundar de combustie;

— *arzătorul* cu duze multiple cu reglaj mic care are becurile amplasate radial și lucrează la o presiune de circa 3,5 kgf/cm²;

— *conul de oțel refractar* care vine montat pe partea inferioară a plăcii tubulare superioare și are drept scop să asigure o încălzire uniformă a serpentinei.

Avantajele acestui tip de cuptor sînt următoarele:

— gabarite mici pentru capacități nu prea mari. Aceste cuptoare se pot executa și transporta complet montate;

— avînd ecranare totală, materialul refractar este protejat și deci se pot folosi materiale cu refractaritate scăzută;

— datorită conurilor de radiație și de oțel, în aceste cuptoare se obține încălzirea uniformă a ecranelor, mai bine decît în orice alt cuptor;

— montarea verticală a țevilor elimină suporturile de susținere;

— se asigură dilatarea independentă a țevilor.

Ca *dezavantaje* se pot menționa:

— construcția complicată și specială a acestui tip de cuptor;

— solicitarea axială a țevilor sub greutatea proprie care influențează nefavorabil acest element de rezistență.

Scanned with OKEN Scanner

D. CUPTOARE ROTATIVE

Cuptoarele rotative se utilizează pentru prelucrarea materialelor în formă de suspensii în lichide sau solide, în bucăți mărunțite.

Acest tip de cuptor se compune dintr-un corp cilindric din tablă de oțel, căptușit la interior cu cărămizi refractare rezistente la acțiunea substanțelor și temperaturilor la care se lucrează. Corpul cilindric se sprijină pe reazeme

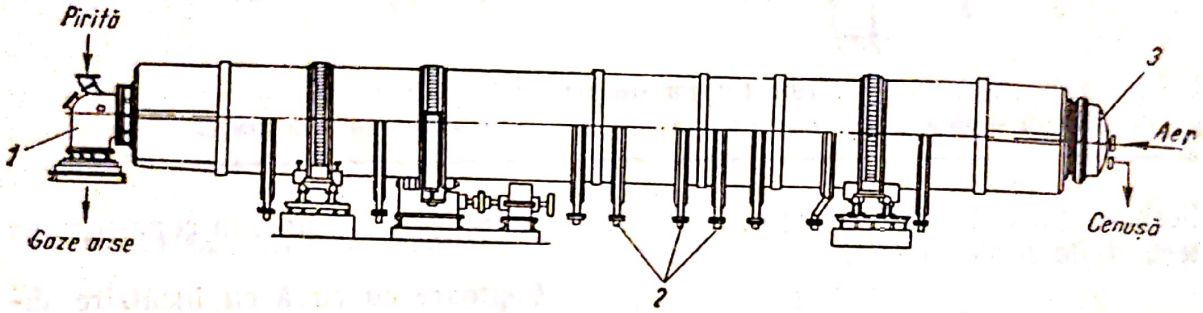


Fig. 192. Cuptor rotativ pentru arderea piritei.

cu role prin intermediul unor bandaje sudate de corp. Mișcarea de rotație se realizează printr-o coroană dințată montată pe exteriorul mantalei și acționată printr-un sistem de angrenaje. Axul cuptorului este așezat înclinat cu 2 pînă la 5%. Lungimea cuptorului este mult mai mare ca diametrul (de 12 pînă la 20 de ori).

În figura 192 este reprezentat un cuptor rotativ pentru prăjirea piritelor. Pirita măcinată se introduce pe la capătul superior *1*, iar aerul rece pe la capătul inferior *3*. Aerul introdus prin gurile *2* răcește cenușa și se preîncălzește și înaintînd în cuptor realizează reacția chimică. Gazele de ardere în drum spre ieșire, încălzesc și usucă pirita proaspăt introdusă în cuptor.

Avantajele prezentate de cuptoarele rotative constau în faptul că asigură procese continue care permit realizarea de capacități mari de prelucrare complet mecanizate.

La exploatarea cuptoarelor rotative trebuie să se urmărească cu atenție ca să nu se aglomereze unele produse și să adere la pereți, reducînd prin aceasta secțiunea de trecere tocmai în zona de reacție.

E. ALTE TIPURI DE CUPTOARE

În industria chimică se folosesc și alte tipuri de cuptoare după cum urmează :

Cuptoare simple pentru încălzirea recipientelor și autoclavelor (fig. 193). Sînt cuptoare de dimensiuni reduse și servesc pentru încălzirea cazanelor de

Scanned with OKEN Scanner

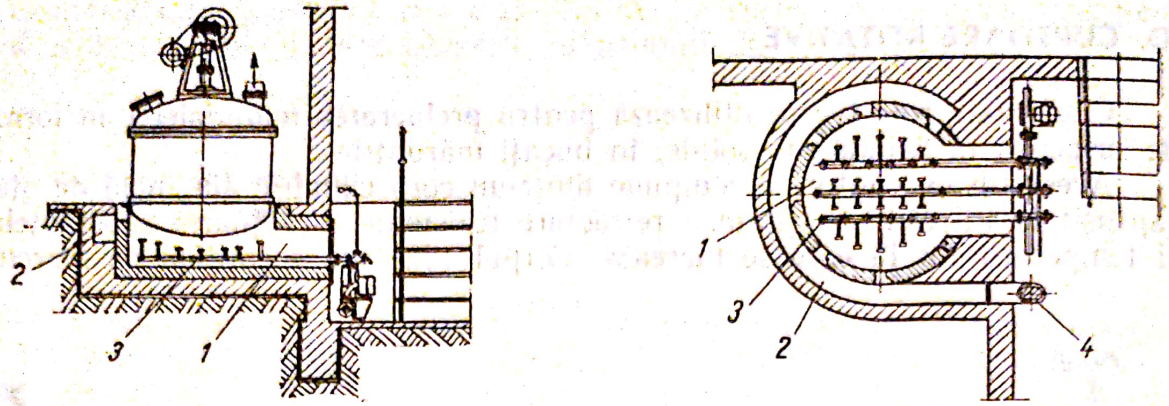


Fig. 193. Cuptor simplu de încălzire:
1 — focar ; *2* — canal de fum ; *3* — becuri de ardere ; *4* — coş de fum.

fierbere din industria lacurilor, la topirea substanţelor alcaline, la concentrarea leşiilor de sodă caustică.

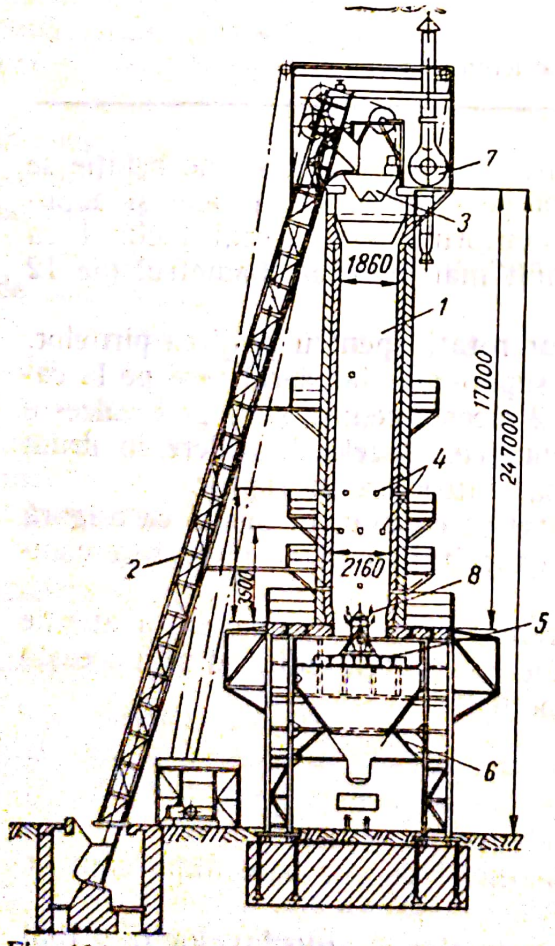


Fig. 194. Cuptor vertical cu cuvă pentru var.

Cuptoare cu cuvă cu încălzire directă.

Sînt cuptoarele de tipul cel mai vechi, folosite pentru obţinerea mangalului şi varului. Se compun dintr-un spaţiu cutie, cuvă sau cămine verticale de secţiune rotundă, ovală sau patrată, formînd un spaţiu de lucru împărţit în mai multe zone de lucru : încălzire, reacţie propriu-zisă şi răcire. Alimentarea trebuie astfel făcută încît aceste zone să-şi menţină poziţia în cuptor.

Cuptorul din figura 194, serveşte la obţinerea varului ars (CaO) utilizat în industria chimică la fabricarea clorurii de var, la caustificarea carbonatului de sodiu, în industria zahărului etc. Corpul *1* este căptuşit cu un strat de şamotă în interiorul unui strat de cărămidă roşie. Alimentarea cu calcar se face cu dispozitivul de transport *2* care se descarcă în gura de alimentare *3*. Materialul coboară şi se încălzeşte de la gazele de ardere care se ridică, aspirate de exhaustorul *7*. Gazele de ardere sînt injectate prin arzătoarele *4*.

Scanned with OKEN Scanner

Aerul necesar arderii intră pe la partea inferioară *8* şi străbătînd materialul fierbinte care iese din zona de reacţie se preîncălzeşte. Printr-un dispozitiv mecanic *5*, varul ars este scos din cuptor şi trecut în silozul *6* de unde este transportat la locul de consum sau de depozitare. Aceste cuptoare au o înălţime medie de 20 m.

F. MONTAREA CARCASEI ŞI A ECHIPAMENTULUI CUPTOARELOR TUBULARE

Deoarece cuptoarele tubulare reprezintă un număr însemnat din totalul cuptoarelor utilizate în industria chimică şi de rafinării, în cele ce urmează se vor face referiri în special la acestea.

Montarea constă din următoarele operaţii :

Montarea carcasei metalice se efectuează numai după verificarea fundaţiilor.

După întărirea betonului, fundaţiile se decofrează complet iar terenul din jurul lor se curăţă, se nivelează şi se burează.

Cuptoare cu carcasă din stîlpi, grinzi şi ferme de acoperire. În cazul cînd se folosesc utilaje de ridicare de mică capacitate, montajul se face element cu element.

Se montează stîlpii, se ancorează, se montează apoi grinzile de capăt, riglele şi contravînturile. După montarea acestor elemente în buloane şi puncte de sudură, se verifică toate dimensiunile şi unghiurile de montaj, verticalitatea stîlpilor şi orizontalitatea grinzilor. După verificare, se fac corectările necesare şi apoi se execută asamblarea definitivă prin sudură a elementelor construcţiei.

Cînd se dispune de mijloace de ridicare mai puternice, se montează la sol panouri de cîte două grinzi solidarizate între ele cu pene pe care sînt fixaţi căpriorii şi apoi se ridică şi prin rotire se fixează pe stîlpi.

Cuptoare cu ferme portante. Fermele acestor cuptoare se montează la sol şi se ridică apoi individual sau perechi, după care se solidarizează prin penele de fixare a acoperişului şi suporturilor de cărămizi.

Acoperişul se realizează din tablă ondulată sau azbociment, care se prinde cu agrafe de căpriori.

Coşurile se pot ridica gata asamblate la sol cu armăturile montate.

Macaralele recomandate pentru aceste operaţii sînt cele de tip Derrick sau portal.

Cuptoarele cilindrice verticale se montează asemănător coloanelor, pe tronsoane sau dintr-o bucată, în funcţie de capacitatea de ridicare a macaralelor folosite.

După montarea carcasei care se torcretează la sol, se montează carcasa secţiei de convecţie şi suportul coşului.

Scanned with OKEN Scanner

Coşul se ridică dintr-o bucată cu ajutorul unei macarale înalte.

În vederea unui montaj de calitate se vor respecta cu stricteţe următoarele faze: montajul provizoriu, verificarea de cote, unghiuri şi asamblări şi apoi asamblarea definitivă.

Montarea plăcilor tubulare. Plăcile tubulare din secţia de convecţie se aşază una peste alta şi se izolează între ele cu azbest. Este obligatoriu ca suprafaţa superioară şi inferioară a plăcilor să fie perfect orizontală. Plăcile tubulare se fixează cu ajutorul şuruburilor care fixează placa prin găuri ovale care să permită dilatarea diferită a plăcilor între ele sau faţă de carcasa metalică a cuptorului.

Se verifică coaxialitatea găurilor pentru ţevi.

Este mai avantajos ca plăcile tubulare să se monteze numai după montajul scărilor, podeţelor şi sistemului de ridicare, uşurînd astfel accesul la punctele de lucru.

Înainte de montaj plăcile tubulare se şamotează.

Montarea suporturilor serpentinei se realizează după montarea plăcilor tubulare însă înaintea serpentinei.

Montajul suporturilor trebuie astfel făcută încît abaterea de la coaxialitatea găurilor pentru ţevi să nu depăşească 3 mm.

După montarea serpentinei se mai face un reglaj al serpentinelor, astfel încît serpentina să se sprijine pe toate suporturile.

Montarea serpentinei tubulare. *Ţevile* se verifică bucată cu bucată, ca aspect şi la presiunea de probă înainte de montare.

Capetele ţevilor cu o duritate peste 170 HB se supun tratamentului de recoacere pentru a ajunge la 120–140 HB.

Introducerea ţevilor în cuptor se face cu macarale mobile, iar tragerea ţevilor prin plăcile tubulare şi suporturi se face cu un cablu trecut peste scripeţii fixaţi de carcasa cuptorului şi electrotrolii de capacitate mică (fig. 195).

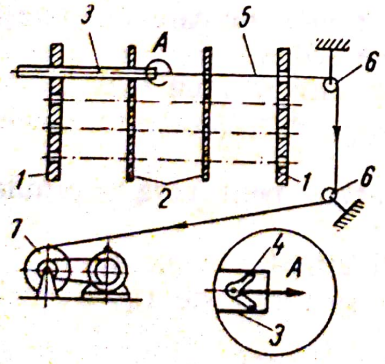


Fig. 195. Tragerea ţevilor prin plăcile tubulare şi suporturi:
1 — placă tubulară; *2* — suport; *3* — ţeavă; *4* — cleşti; *5* — cablu; *6* — scripeţi; *7* — electrotroliu.

Ţevile de lungimi mici se prind în macara într-un singur punct, iar cele de lungimi mari în două puncte. Ţevile se ghidează în timpul ridicării de la sol cu o funie de cînepă.

La introducerea ţevilor se va evita lovirea lor de plăcile tubulare sau suporturi.

Coturile de întoarcere se montează după ce au fost introduse în cuptor ţevile şi după ce li s-a făcut o verificare în ce priveşte:

— *orificiile pentru ţevi.* Verificarea se face dimensional cu calibre şi vizual asupra stării suprafeţei lor (fisuri, crăpături, prelucrare grosieră, bavuri, ştirbituri);

— *păsuirea perfectă a suprafeţelor de etanşare* (corp-dopuri sau corp-curbe) se verifică

prin tușare cu cretă. În cazul cînd păsuirea este incorectă, se procedează la șlefuire cu pastă ;

– *urechile de fixare a punții.* În cazul existenței de crăpături în zona de îmbinare cu corpul, cotul de întoarcere se rebutează.

Montajul coturilor începe din secția convecție de jos în sus, iar în secția de radiație de la plafon către podea.

Coturile se ridică pe podețe sau schele de lucru cu ajutorul sistemului de ridicare al cuptorului, pînă în dreptul țevilor respective. Se curăță cu benzină capetele țevilor și se șterg cu o cîrpă.

Înainte de fixarea coturilor pe țevi, la capătul țevilor se montează conuri de ghidaj care au rolul de a ușura intrarea corpurilor coturilor pe țevi fără lovituri.

Jocul dintre țeavă și corp nu trebuie să depășească 1 mm.

Se împănează țevile în plăcile tubulare cu ajutorul unor pene din lemn pentru a împiedica răsucirea sau deplasarea și se trece la mandrinare.

Mandrinarea se execută ca și la schimbătoarele de căldură cu mașini de mandrinat pneumatice sau electrice.

După mandrinarea tuturor coturilor de întoarcere, serpentina se suflă cu aer, după care se montează dopurile sau curbele. Suprafețele conice de etanșare se ung cu un amestec de pulberi de grafit argintiu și ulei pentru a se evita griparea.

Șuruburile se strîng cu chei mecanice cu braț lung sau cu chei acționate de mașini pneumatice.

Verificarea etanșeității mandrinării se face o dată cu probarea serpentinei.

G. MONTAREA ARMĂTURILOR ȘI A INSTALAȚIEI PENTRU COMBUSTIBILI

Ochiurile de vizare se montează în șuruburi pe carcasa metalică a cuptorului. Sînt prevăzute cu mîner din sîrmă spirală sau cu mîner izolat cu dispozitiv de autoînchidere.

Ușile de inspecție (gurile de vizitare) se montează pe o ramă metalică în șuruburi de carcasa cuptorului.

Gurile de explozie (clapetele) se montează la partea superioară a cuptorului. Acestea, în poziție de repaus trebuie să asigure etanșarea perfectă.

Ușile de inspecție și gurile de explozie se șamotează la interior de preferință prin torcretare, fixarea făcîndu-se cu plasă de rabiț prinsă cu sîrmă neagră de șuruburile cu ochi.

Scanned with OKEN Scanner

Cutiile coturilor de întoarcere se montează astfel ca să împiedice contactul cutiilor de întoarcere cu exteriorul şi sînt echipate cu guri de abur comandate de la distanţă pentru a stinge eventualele incendii. Uşile lor sînt prevăzute cu zăvoare şi cîrlige de suspendare în poziţia deschis şi sînt izolate cu carton de azbest sau vată minerală.

Instalaţiile pentru ardere folosite la cuptoarele tubulare sînt constituite din injectoare care lucrează cu păcură antrenată cu ajutorul aburului sau de tip mixt cu ardere cu gaze şi păcură.

Injectoarele se montează pe un singur perete al cuptorului, cu brăţări metalice de carcasă, unul sau mai multe pentru fiecare cameră de reacţie, funcţie de necesarul caloric al cuptorului şi de debitul injectorului.

Încălzirea conductei de păcură care alimentează injectorul se face prin izolarea acestuia împreună cu conducta de abur, împiedicînd astfel congelarea păcurii.

Canalele de fum fac legătura între cuptor şi coşurile pentru tiraj, permiţînd astfel evacuarea gazelor arse. Ele se realizează din cărămidă refractară acoperită cu glazură refractară. Se realizează cu o uşoară pantă pentru a permite evacuarea apei care ar putea pătrunde accidental în canal sau ar apare datorită condensării.

În mod normal un cuptor se leagă la un coş însă în cazul cuptoarelor de capacitate mare, se pot realiza la un singur cuptor mai multe coşuri şi deci mai multe canale de fum sau în cazul cuptoarelor de capacitate mică se poate folosi un coş la mai multe cuptoare.

Canalele de fum se realizează cu coturi şi curbe cu rază mare şi sînt prevăzute cu dispozitive de reglare a tirajului tip fluture sau ghilotină şi guri de vizitare.

Coşurile de fum amplasate lateral cuptorului se realizează din tronsoane metalice care se montează pe o fundaţie de beton circulară.

Coşurile de fum pentru cuptoarele tubulare se construiesc fie în întregime de formă cilindrică, fie cilindrice cu baza tronconică pentru a avea o stabilitate mai mare. Materialul folosit este tabla. Construcţiile din cărămidă nu mai sînt folosite în prezent în rafinării.

În funcţie de temperatura de evacuare a gazelor partea inferioară a coşurilor se protejează la interior cu material refractar, depus de preferinţă prin torcretare.

Atît pe exterior cît şi pe interior coşurile de fum sînt prevăzute cu scări pisică cu apărătoare şi cu gură de vizitare.

Coşurile de fum se montează cu ajutorul macaralelor sau stîlpilor de ridicare asemănător coloanelor şi se fixează cu şuruburi de fundaţie.

În cazul cînd coşurile de fum sînt înalte, ele se ancorează de obicei cu trei ancore dispuse la 120°, care la montaj se pretensionează cu ajutorul unor palane în mod cît mai egal.

Scanned with OKEN Scanner

H. PROBAREA, PUNEREA ÎN FUNCȚIUNE, EXPLOATAREA, ÎNTREȚINEREA, REVIZIA ȘI REPARAREA CUPTOARELOR TUBULARE

Proba cuptoarelor tubulare constă din proba hidraulică a serpentinei, care se execută la 1,5 presiunea de lucru pentru presiuni pînă la 50 kgf/cm² sau 1,3 presiunea de lucru, dar minimum 75 kgf/cm² pentru presiuni peste 50 kgf/cm².

Proba hidraulică se face pentru fiecare circuit separat. Înainte de probă, toate elementele serpentinei se spală cu apă, după care se închid ventilele.

Se introduce apă în serpentină și se ridică presiunea pînă la valoarea presiunii de regim, la care se menține timpul necesar verificării tuturor îmbinărilor. Dacă se constată defecțiuni se golește serpentina de apă și se fac remedierile necesare.

Se repetă operația și la presiunea de regim, se verifică din nou, după care presiunea crește pînă la valoarea de probă la care se menține 5 min, apoi se coboară din nou la presiunea de regim pentru o nouă verificare.

Punerea în funcțiune a cuptoarelore tubulare trebuie precedată de uscarea cuptoarelor, adică de eliminarea apei absorbită de zidăria cuptorului. Această uscare trebuie să se facă lent deoarece în cazul unei uscări rapide se produc crăpături, fisuri sau fărămițări ale cărămizilor. Uscarea se începe prin deschiderea ușilor de vizitare și de explozie care să permită o bună ventilație timp de 2–3 zile. Se aprinde cîte un injector în fiecare cameră de ardere și se reglează debitul pentru a ridica temperatura lent pînă la 40°C, gurile de explozie și vizitare fiind menținute deschise în continuare. Temperatura de 40°C se păstrează constantă pînă la uniformizarea ei în întreaga zidărie a cuptorului. Această operație durează la cuptoarele mari 8 pînă la 12 zile. Se intensifică apoi încălzirea pînă se ajunge la temperatura de 100°C, astfel încît viteza de încălzire să nu depășească 5°C/h.

Se menține temperatura la 100°C pînă cînd zidăria se usucă complet, fapt care se verifică prin dispariția aburului din gazele de coș. Se închid gurile de explozie și vizitare.

Cuptorul se încălzește apoi cu 30 pînă 50°C/h pînă se atinge temperatura de regim.

Pornirea cuptoarelor deja uscate se face încălzind cuptoarele pînă la 100°C cu o viteză de 30 pînă la 40°C/h, după care se menține o jumătate pînă la o oră și în continuare se încălzesc cu o viteză de 70 pînă la 80°C/h pînă la temperatura de regim.

Exploatarea și întreținerea cuptoarelor tubulare trebuie astfel condusă întrucît să fie menținute în funcțiune un timp cît mai îndelungat, fără a da naștere la accidente.

Exploatarea trebuie să fie rațională, încît să conducă la consumuri minime de combustibili și reviziile să fie planificate în funcție de solicitarea cuptorului.

Scanned with OKEN Scanner

Randamentul cuptoarelor trebuie urmărit, pentru a obține rezultatatul maxim, acționînd asupra următoarelor elemente:

– excesul de aer va fi reglat ca să fie optim;
– depunerile de cocs, funingine din interiorul țevilor trebuie înlăturate periodic (la revizii);
– pătrunderile de aer fals trebuie înlăturate prin refacerea etanșărilor. Determinarea pătrunderii aerului fals se poate face prin luarea probelor de gaze din interiorul cuptorului și analiza lor cu aparatul Orsat;
– zgura de pe exteriorul tuburilor trebuie înlăturată.

Pentru a evita funcționarea cuptoarelor tubulare în condiții anormale trebuie să se urmărească zilnic variația diferiților parametri.

Revizia cuptoarelor tubulare se face la intervale de timp dinainte stabilite cînd funcționarea cuptoarelor se întrerupe.

În timpul reviziei se fac următoarele operații:

– se face o inspecție amănunțită a cuptorului pentru a constata defectele apărute în timpul exploatării;
– se curăță serpentina cuptoarelor la interior și exterior;
– se fac eventualele reparații.

Inspecția cuptoarelor se execută de persoane autorizate, care după răcirea și aerisirea cuptorului pătrund în el și verifică:

– cărămizile refractare din camerele de ardere, canalele de fum și căptușeala coșului de tiraj, dacă sînt fisurate, sparte sau corodate;
– canalele de golire a condensatului să nu fie astupate;
– grosimea tablei coșului, ancorajul, funcționarea registrului;
– exteriorul tuburilor, care nu trebuie să prezinte săgeata exagerată. De exemplu dacă țevile din secțiile de convecție sînt atît de curbate încît privind printr-un capăt nu se mai vede celălalt, înseamnă că trebuie înlocuite;
– țevile arse care se recunosc prin culoarea mai închisă sau se detectează prin ciocănire, se înlocuiesc;
– grosimea corpurilor coturilor de întoarcere și a curbelor lor se măsoară și în cazul unor subțieri excesive ca și al apariției de fisuri se înlocuiesc;
– se verifică instalația electrică, de golire rapidă, de aer comprimat și de abur.

Curățarea țevilor se poate face fie mecanic, fie prin ardere.

a) *Curățarea mecanică* a țevilor la interior se face în următoarea ordine:
– se demontează dopurile sau curbele de întoarcere;
– se introduc în țevi dispozitive cu ciocănele acționate cu aer comprimat și se execută curățirea țevilor;
– se suflă țevile cu aer comprimat.

Țevile se curăță la exterior prin răzuire și cu perii de sîrmă.

b) *Curățarea prin ardere* se face încălzindu-se țevile la 600 pînă la 700°C după care se introduce abur în ele. În contact cu aburul cocsul se desprinde și se fărămițează. Se introduce aer care face ca să ardă cocsul și să-l și antreneze pe orificiul de scurgere.

Scanned with OKEN Scanner

Fiecare capăt al serpentinei este racordat la cîte o priză de aer, abur și la conducta pentru ieșirea gazelor arse, pentru aerisire și scurgere.

După circa 45 min se inversează sensul arderii.

În timpul operației temperatura trebuie menținută în limitele de la 650 la 700°C, temperatură de ardere a cocsului.

Operația se consideră terminată cînd gazele arse nu mai conțin CO_2.

Curățarea prin ardere se aplică în special conductelor din oțeluri aliate deoarece la aceste oțeluri nu se slăbește mandrinarea în timpul acestei operații. De asemenea curățarea prin ardere se aplică și coturilor de întoarcere.

Repararea cuptoarelor tubulare

Țevile cuptoarelor sînt piesele solicitate cel mai mult și ele trebuie verificate și înlocuite sau reparate încît să prezinte o siguranță cît mai mare în exploatare.

Înlocuirea țevilor uzate se face prin tăierea țevii în apropierea camerei de întoarcere cu un cuțit rotativ sau cu flacără și scoaterea capătului mandrinat prin dăltuire. O altă metodă este încălzirea corpului camerei de întoarcere și smulgerea ei. În acest caz se smulge camera de întoarcere și de pe țeava vecină.

Țeava nouă se va mandrina apoi în corpul camerei de întoarcere.

Țevile de cuptoare se pot suda și recoace însă cu anumite precauțiuni. Sudarea se face la exterior și se asigură netezimea la interior prin introducerea în dreptul cusăturii sudate a unui inel de cupru din două jumătăți ca să poată fi scos mai ușor după sudare. După sudura cu electrozi corespunzători (de aceeași calitate cu materialul țevii) cusătura se strunjește la exterior și se tratează termic pentru a se uniformiza duritatea. Tratamentul constă într-o recoacere la 750°C cu răcire lentă în cuptor.

La țevile din oțel aliat și cu conținut mai mare de carbon se recomandă ca sudura să se facă după o preîncălzire la 300°C.

La camerele coturilor de întoarcere se face rectificarea scaunelor dopurilor sau coturilor, cu piatră profilată și șlefuiri cu pastă

Reparația zidăriei constă în înlocuirea cărămizilor crăpate sau fisurate. În cazul zidăriei torcretate în locurile unde aceasta este deteriorată se torcretează local. Rosturile de dilatație se curăță de cocs și se înlocuiește șnurul de azbest.

Ventilele defecte se înlocuiesc.

I. MĂSURI DE TEHNICĂ A SECURITĂȚII MUNCII ÎN CONSTRUCȚIA ȘI DOTAREA CUPTOARELOR TUBULARE

În întreprinderile chimice și în rafinării unul dintre pericolele principale îl constituie sursele de incendiu, datorită produselor rezultate în procesul de producție sau a substanțor folosite. Se impune deci aplicarea măsurilor spe-

Scanned with OKEN Scanner

ciale, indicate de normele de protecția muncii pentru diferitele procese de prelucrare a produselor chimice și petroliere. Astfel la construcția cuptoarelor tubulare trebuie să se prevadă conducte separate pentru introducerea aburului în: camerele de ardere, cutiile coturilor de întoarcere, conducta de alimentare a cuptorului, conducta de transfer la ieșirea din țevile cuptorului.

Conductele de abur trebuie să fie raordate la un distribuitor central plasat la minimum 10 m de cuptor, în spatele unui zid de protecție.

Coșurile metalice de la cuptoarele tubulare trebuie să fie prevăzute cu conductă de abur, iar în exterior, cu inele de conductă perforată montate în jurul coșului pentru a efectua răcirea cu apă prin stropirea tablei, în caz de incendiu.

Pe conductele principale de combustibil lichid și gazos, spre cuptoare, este necesar să existe robinete de închidere care să asigure oprirea simultană a combustibilului spre toate injectoarele. Ele se montează la o distanță ușor accesibilă pentru fochist. De asemenea conducta de gaze trebuie să fie prevăzută cu un manometru de contact, legat la un semnalizator acustic, care să indice scăderea presiunii la nivelul minim la care se închide ventilul automat.

Se interzice montarea de armături de fontă sau metale neferoase pe conductele auxiliare în legătură directă cu cuptorul. Se recomandă ca pe coducta de gaze, după regulator, să existe un ventil automat, care la o presiune minimă să închidă conducta, rămînînd în această poziție, chiar dacă presiunea gazelor din conductă este în creștere, după închiderea ventilului.

La cuptoarele unde nu există posibilitatea de refugiu pe podețe în caz de incendiu, se prevăd scări sau prăjini de salvare pe partea opusă scării de acces.

În timpul reviziei cuptoarelor, tuburile cuporului se pot deschide numai după o aburire de minimum 2 h.

Intrarea muncitorilor în interiorul cuptorului este permisă numai după ce s-au luat toate măsurile de siguranță, fiind supravegheată de muncitorii din afara cuptorului.

Lucrul în cuptor se întrerupe imediat ce se observă pericolul de dărîmare a pereților sau dacă sînt produse toxice sau inflamabile.

Coturile de întoarcere nu se ciocănesc, atîta vreme cît serpentina se află sub presiune.

Folosirea cuptoarelor în industria chimică, implică măsuri speciale privind modul de alimentare cu combustibil lichid, solid sau gazos, precum și sistemul de depozitare al acestuia.

Acumularea de gaze în canalele cuptoarelor provenite din arderea incompletă a combustibilului și formarea unui amestec exploziv cu aerul poate duce la accidente grave care trebuie evitate.

Scanned with OKEN Scanner

Întrebări recapitulative

1. Ce este cuptorul și cîte feluri de cuptoare cunoașteți ?
2. Care sînt criteriile de clasificare a cuptoarelor tubulare ?
3. Descrieți diferitele tipuri de carcase metalice ale cuptoarelor tubulare.
4. Ce piese caracteristice compun echipamentul și armăturile cuptoarelor ? Descrieți-le.
5. Care sînt materialele refractare folosite în construcția cuptoarelor și ce proprietăți au ele ?
6. Ce sisteme de căptușire a cuptoarelor tubulare cunoașteți ?
7. Care sînt tipurile de cuptoare tubulare pe care le cunoașteți ? Prin ce se caracterizează ele ?
8. Ce elemente caracterizează cuptoarele rotative și cum funcționează ele ?
9. Ce alte tipuri de cuptoare mai cunoașteți ?
10. Ce operații se execută la montarea echipamentului cuptoarelor tubulare ?
11. Ce condiții se impun la montarea armăturilor și a instalației pentru combustibili ?
12. Cum se realizează montarea canalelor de fum și a coșurilor de tiraj ?
13. La ce probă se supun cuptoarele tubulare și ce operații preced punerea lor în funcție ?
14. În ce constă exploatarea și întreținerea cuptoarelor ?
15. Ce operații se efectuează la revizie ?
16. Ce piese sau subansamble se repară sau se înlocuiesc la cuptoare în cadrul reparațiilor din timpul reviziilor ?
17. Ce măsuri de tehnică a securității muncii se iau la construcția și repararea cuptoarelor ?

Scanned with OKEN Scanner

A. MATERIALE TERMOIZOLATOARE

Materialele termoizolatoare sau termorezistente sînt acelea care au un coeficient redus de conductibilitate termică şi sînt stabile termic în intervalul de temperatură pentru care sînt destinate.

Conductibilitatea termică a unui material se apreciază prin *coeficientul de conductibilitate termică* λ care se defineşte prin cantitatea de căldură care trece în regim permanent, printr-un metru pătrat din suprafaţa izotermică a unui strat gros de un metru, dintr-un corp omogen şi izotop, cînd diferenţa de temperatură măsurată pe normala la suprafaţa considerată este de un grad. λ se exprimă deci în kcal/mh/.grd.

Materialele termoizolatoare se utilizează sub formă de praf, pastă, plăci, betoane, cărămizi, umplutură etc.

Azbestul este un minereu compus din fibre albe, subţiri şi foarte rezistente, caracterizate printr-o stabilitate termică ridicată. Abia la 700/C îşi pierde conţinutul în apă şi din această cauză îşi pierde elasticitatea şi rezistenţa. Se utilizează ca materie primă pentru o gamă largă de materiale termoizolatoare. Deşeurile de azbest se folosesc ca praf termoizolator.

Diatomita şi tripoli sînt resturi de fosile formate din alge mici. Au forma unor pietre de culoare gălbuie sau cenuşie şi se caracterizează printr-o mare porozitate şi o greutate volumetrică foarte mică.

Mica este o materie primă izolantă care are aspectul unei pulberi granuloase de culoare argintie care se caracterizeează printr-o stabilitate termică extrem de înaltă şi higroscopicitate redusă. Mica de calitate superioară se utilizează ca izolant în electrotehnică, iar deşeurile ca praf termoizolator.

Azbomica este un material termoizolator compus din 63% diatomită, 15% deşeuri de ardezie de azbest, 12% azbest şi 10% deşeuri de mică. Are aspectul unui praf de culoare cenuşie deschisă cu incluziuni strălucitoare ale solzilor de mică. Se utilizează sub formă de praf sau pastă.

Kieselguhrul este un pămînt infuzoriu amestecat cu fire de azbest.

Azboazuritul este un amestec de 70% diatomită sau tripoli şi 30% azbest.

Novoazboazuritul se obţine prin înlocuirea unei părţi din azbest cu deşeuri provenite din industria ardeziei, care sînt mai uşoare, dar mai puţin re-

Scanned with OKEN Scanner

zistente. Compoziţia sa este: 70% diatomită, 15% azbest şi 15% deşeuri de ardezie.

Azbotermitul este un praf de culoare cenuşie deschisă care se fabrică la uzinele de azbociment din: 70% deşeuri din producţia de ardezie, 20% diatomită şi 10% azbest.

Nuvelul este un praf alb care constă dintr-un amestec de 85% oxid de magneziu şi 15% azbest.

Sovelitul este un material asemănător nuvelului la care o parte din oxidul de magneziu este înlocuit cu cretă. Se utilizează atît sub formă de praf cît mai ales sub formă de plăci.

Vulcanitul constă dintr-un amestec compact de 60% diatomită măcinată şi trecută prin ciur, 20% var stins şi trecut prin ciur, 10% azbest de calitate şi 10% deşeuri de azbest. Materialul se diluează cu apă, se aşază în forme şi se tratează cu abur. Se obţin plăci de forme dorite.

Betonul spongios se obţine prin întărirea cu apă a cimentului şi adăugarea unei emulsii spumante. Această masă lichidă se toarnă pe obiectul care se izolează sau în forme pentru obţinerea de piese fasonate. Este foarte preţuit însă consumă foarte mult ciment.

Cărămida de diatomită se utilizează sub formă paralelipipedică cu lungimea de 250 mm, lăţimea de 123 mm şi grosimea de 65 mm, sub formă de semicilindri sau segmenţi pentru izolarea conductelor.

Vata de sticlă. Din sticlă topită la 1 400°C trecută prin filiere de oţel special, se fabrică *fibrele de sticlă* care sînt neinflamabile, au stabilitate chimică, absorb bine sunetul şi sînt rezistente. Din aceste fibre se obţine vata de sticlă.

Vata de zgură se fabrică din zgura de furnal care se topeşte în cubilouri, de unde este evacuată printr-un jgheab în care este învăluită de un jet de aer sau abur, desfăcîndu-se în picături care se trag după aceea în fire lungi şi subţiri de culoare albă. Au higroscopicitate redusă.

Vata minerală se obţine prin topirea unui amestec de bioxid de siliciu (SiO_2), oxid de calciu (CaO) şi oxid de aluminiu(Al_2O_3), din minerale ca marne feldspat etc., care împreună cu adaosuri se topesc în cubilouri la 1150°C. Fibrele se obţin prin tragerea masei topite prin filiere.

Caracteristicile principale ale materialelor termoizolatoare sînt prezentate în tabela 14.

B. TIPURI CONSTRUCTIVE ŞI STRUCTURI TERMOIZOLATOARE

Izolaţia termică a aparatelor şi conductelor tehnologice din industria chimică şi rafinării se realizează prin:

Paste izolante care se execută din materiale izolante în stare pulverulentă, dizolvate în apă, la locul de montaj pînă la obţinerea unei paste omogene, denumită *chit*.

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 14

Caracteristicile materialelor termoizolante

Materialul	Forma	Greutatea aparentă kgf/cm³	Coeficientul de conductibilitate termică λ kcal/m·h·grd.	t_{max} °C
Azbest	praf	400 800	0,092+0,00016 t med 0,120+0,00016 t med	700
Diatomită și tripoli	praf	400—500	0,078+0,00024 t med	800
Mica	praf	150—250	0,062+0,000225 t med	900—1 100
Azbomica	praf	400—500	0,105	600
	pastă	580—650		
Kieselguhr	pastă	600	0,090÷0,095	450
Azboazurit	pastă	700	0,140+0,000145 t med	200
Novoazboazurit	pastă	580—650	0,124+0,000120 t med	200
Azbotermit	pastă	550—570	0,094+0,000125 t med	500
Nuvelul	pastă	180—200	0,075—0,000055 t med	250
Sovelitul	pastă	230—250	0,0775+0,000075 t med	450
	pastă	400—450	0,068+0,00016 t med	
Vulcanit	plăci	400	0,069+0,00018 t med	550
Pluta	plăci	250	0.060	120
Turba	plăci	200—350	0,05÷0,07	100
Stufit	plăci	260—360	0,09	100
Beton spongios	beton	400 500	0,085 0,105	300
Diatomită	cărămizi	550 650 750	0,15 0,22 0,25	900
Vată de sticlă	umplutură	100—150	0,05÷0,03	450
Vată de zgură	umplutură	170—300	0,05+0,000125 t med	750
Vată minerală	umplutură	180—250	0,04÷0,05	500
	rogojini	200—280	0,045÷0,055	
	pîslă	250—300	0.050÷0 065	

Scanned with OKEN Scanner

În cazul rezervoarelor, obiectelor supuse loviturilor sau vibraţiilor, pastele izolante se aplică pe un schelet armat. Scheletul armăturii se fixează pe suprafeţele aparatelor prin intermediul scoabelor sudate de mantaua aparatului.

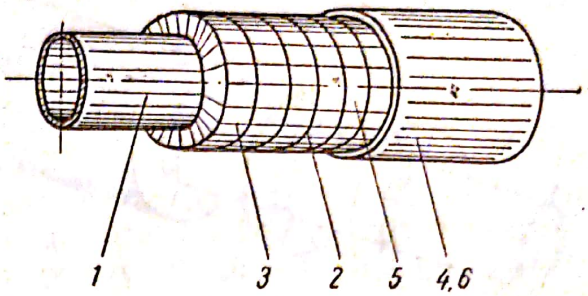


Fig. 196. Izolaţie aplicată cu schelet împletit.

Izolaţia aplicată cu schelet împletit, pe o conductă *1* se compune (fig. 196) din inelele *2* fixate prin strunele *3*. Se poate aplica peste inele şi strune o plasă de rabiţ *4* care fixează mai bine pasta izolantă *5*. Peste rabiţ se aşază un chit izolator rezistent mecanic *6*.

Pastele izolante se realizează din nuvel, sovelit, azbotermit, azboazurit sau novoazboazurit.

Termoizolaţiile din paste aplicate au următoarele avantaje:

- nu necesită materiale de forme şi dimensiuni speciale;
- lucrările de montaj şi întreţinere sînt uşoare;
- izolaţia este continuă fără rosturi;
- se adaptează la orice formă a obiectului izolat;
- au durabilitate mare de 8 — 10 ani (cu excepţia azbotermitului care rezistă numai 3 — 4 ani).

Acest tip de izolaţie are utilizări limitate, deoarece:

- execuţia este meşteşugărească, calitatea izolaţiei fiind în funcţie de calificarea şi conştiinciozitatea muncitorului;
- operaţia durează mult;
- necesită încălzirea conductei pentru uscarea pastei;
- izolaţia are rezistenţă mecanică mică;
- izolaţiie aplicate sînt foarte higroscopice.

Izolaţiile turnate se realizează din beton spongios şi nu necesită încălzirea suprafeţelor care se izolează. Sînt avantajoase datorită structurii monolitice şi a lipsei rosturilor, rezistenţei mecanice relativ ridicate, higroscopicitate redusă.

Dificultăţile de lucru în cazul frigului sau ploilor fac să scadă din calităţile sale mecanice.

Izolaţia cu umplutură se compune dintr-un strat de protecţie sub forma unui perete paralel sau coaxial cu suprafaţa ce se izolează şi care se află la o distanţă de această suprafaţă egală cu grosimea izolaţiei.

Peretele poate fi din carton de azbest, eternit (plăci de ciment cu azbest), tencuială de ciment sau azbociment pe o reţea metalică, tablă etc.

În figura 197 este reprezentată o conductă izolată cu umplutură. Pe conducta *1* se aşază suporturile *2* cu inelele de sîrmă *3*. Umplutura *4* este acoperită cu rabiţ *5* şi apoi cu protecţia din tencuială *6*.

Scanned with OKEN Scanner

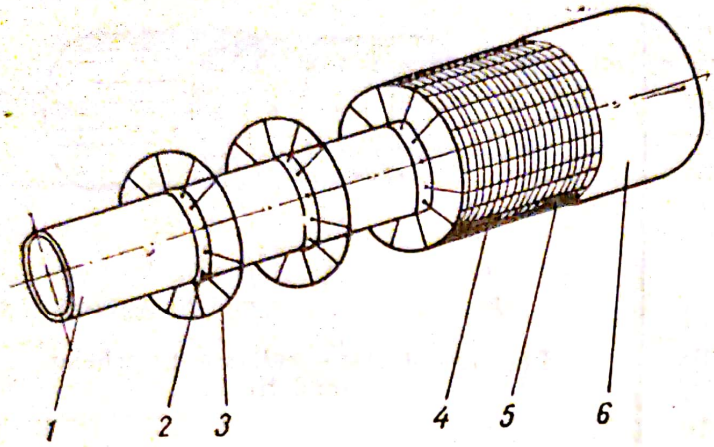


Fig. 197. Conductă izolată cu umplutură fixată pe suporturi inelare.

Umplutura se realizează din vata de zgură, vată de sticlă, pastă minerală etc.

Izolațiile cu umplutură sînt avantajoase datorită :

— folosirii de materiale ușoare, cu coeficient mic de conductibilitate termică ;

— nu este necesară încălzirea obiectului izolat ;

— învelișul asigură protecție mecanică și contra umezelei.

Izolațiile cu piese fasonate se execută prin înzidire sau prin fixarea cu cîrlige și plase de rabiț. Suprafața exterioară a izolației se acoperă cu un strat de protecție, constînd din tencuială de azbest, ciment și tripoli realizînd o construcție monolit destul de rezistentă.

Izolațiile de învelire se realizează cu materiale de învelire sau înfășurare care se adaptează formei obiectului izolat. Au forma de rogojini, saltele (din pîslă), foi elastice, pîslă etc., rezistă la vibrații și sînt simplu de realizat.

Se utilizează limitat datorită lipsei de rezistență mecanică, pericolului de umezire și costului ridicat.

C. TEHNICA IZOLĂRII TERMICE A UTILAJELOR

Pastele izolante se aplică prin aruncare pe suprafața de izolat, după ce aceasta a fost în prealabil curățită de murdărie, rugină și a fost încălzită pînă la o temperatură care să asigure uscarea rapidă a chitului (circa 85°).

Scanned with OKEN Scanner

În cazul cînd pasta nu aderă suficient la suprafaţa metalică, se aplică mai întîi un strat de azbest afînat amestecat cu apă, care se prinde bine pe suprafeţele metalice calde. Se aplică apoi prin aruncare cu mîna în straturi izolante. Aruncarea de pastă izolantă se face numai după ce stratul anterior aruncat s-a uscat. Altfel este împiedicată evaporarea apei. Ultimele straturi se netezesc.

Izolaţiile turnate se realizează astfel :

se prepară o emulsie spumată din clei de tîmplărie umezit şi încălzit, cu un adaos de soluţie alcalină de colofoniu clocotită. La 1 m³ de beton spongios se consumă 130 pînă la 200 g clei de tîmplărie, 100 pînă la 230 g colofoniu, 25 pînă la 80 g carbonat de potasiu şi 25 pînă la 70 g apă, pentru realizarea emulsiei.

Masa de beton spongios se prepară din pastă de ciment şi emulsie într-o betonieră pentru beton spongios.

Betonul spongios se toarnă în forme sau direct pe suprafeţele care se izolează.

Înainte de turnarea betonului spongios, ţevile se ung cu un strat de păcură sau parafină, pentru a împiedica ca betonul spongios să se lipească de suprafaţa conductei şi să împiedice deformările termice ale acesteia.

Izolaţia cu umplutură se realizează prin introducerea umpluturii între învelişul rigid şi peretele care trebuie izolat. Umplutura sub formă de vată se mulează bine. Se realizează uşor. În cazul izolării conductelor învelişul rigid va fi din tablă şi demontabil în dreptul flanşelor şi armăturilor pentru a permite accesul în caz de revizie sau defecţiuni.

Izolaţia cu piese fasonate se aplică direct pe suprafaţa ce urmează a fi izolată, după care rosturile se astupă cu chituri. Suprafeţele astfel izolate se acoperă cu plasă de rabiţ care se leagă cu sîrmă de scoabele sau cîrligele sudate în prealabil de suprafaţa de izolat. Pentru protecţia rabiţului şi a sîrmelor de fixare se acoperă la suprafaţă cu chituri (pastă).

Izolaţiile de învelire se aplică sub formă de rogojini, saltele, care se înfăşoară şi se fixează cu sîrmă sau sfoară pe obiectul ce trebuie izolat, după care se aplică un strat de acoperire cu pastă care să asigure rezistenţa mecanică şi impermeabilitatea la umezeală.

D. NORME TEHNICE DE PROTECŢIA MUNCII

Executarea lucrărilor de izolaţie la aparatele şi conductele care lucrează la temperaturi ridicate, nu se va face cînd acestea sînt în funcţiune. În cazul în care procesul tehnologic necesită încălzirea aparaturii în timpul izolării, se vor lua toate măsurile pentru evitarea arsurilor.

Cînd materialele izolante se folosesc sub formă de praf, este necesar să se lucreze cu mască de protecţie.

Scanned with OKEN Scanner

Întrebări recapitulative

1. Ce materiale se folosesc pentru izolarea termică a aparatelor și conductelor utilizate în industria chimică și rafinării ?
2. Care sînt tipurile constructive ale termoizolațiilor ?
3. Cum se realizează montarea diferitelor tipuri de izolații ?
4. Ce reguli de protecție a muncii trebuie respectate la montarea izolațiilor termice ?

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul IX — POMPE

A. GENERALITĂȚI — CLASIFICARE

1. Generalități

Lichidele se transportă de la un utilaj la altul fie prin cădere liberă, dacă există diferență de nivel, fie cu ajutorul pompelor sau dispozitivelor de pompat, cînd deplasarea lichidelor se face la un nivel mai ridicat sau pe orizontală.

Pompa servește pentru:

- ridicarea lichidului la o înălțime oarecare;
- mărirea presiunii lichidului;
- mărirea vitezei lichidului;
- învingerea frecărilor și rezistențelor locale.

Transportul lichidelor se face cu consum de energie. Pentru deplasarea lichidului de la un nivel superior la altul inferior se consumă din energia de poziție a lichidului. În cazul ridicării nivelului lichidului sau deplasării lui pe orizontală, în cazul introducerii lichidului într-un recipient cu o presiune mai mare, este nevoie de un consum de energie din afară. Pompele și dispozitivele de pompare primesc energie mecanică de la un motor și o transformă în energie hidraulică.

2. Clasificarea pompelor și a dispozitivelor de pompare

Pompele și dispozitivele de transportat lichide se construiesc într-un număr foarte mare de tipuri.

După construcție și principiu de funcționare se deosebesc:

- *pompe cu piston* (pompe cu piston simplu și cu dublu efect, pompe diferențiale, pompe cu plunger, pompe cu membrană, pompe de mînă);
- *pompe centrifuge* (pompe centrifuge simple, pompe centrifuge cu mai multe trepte);

– *pompe rotative* (pompe cu palete, pompe cu roți dințate, pompe cu șurub);

– *dispozitive de pompare fără elemente mobile* (sifonul, montejusul, pompa cu aer comprimat, pompe cu jet de abur și de apă, injectoare și ejectoare).

B. POMPE CU PISTON. CONSTRUCȚIE ȘI CALCUL

1. Principiul constructiv și de funcționare al pompei cu piston

O pompă cu piston se compune din următoarele organe fixe și mobile (fig. 198): în cilindrul *1* care constituie corpul de pompă, se află pistonul *2*, care primește o mișcare rectilinie alternativă prin intermediul tijei *3*, capului de cruce *4*, bielei *5* și manivelei *6*. Deplasarea pistonului din poziția I în poziția II, face ca presiunea în cilindrul *1* să scadă și supapa de aspirație *9* să se deschidă, aspirînd astfel lichidul din bazinul *11* prin conducta *7*, în cilindrul *1*. Deplasarea pistonului din poziția II în poziția I face ca presiunea în cilindru să crească supapa de aspirație *9* să se închidă, supapa de refulare *10* să se deschidă, iar lichidul din cilindrul pompei să fie refulat prin conducta *8*.

Fazele descrise au loc cînd pistonul parcurge o cursă dublă (completă), adică pleacă din poziția I, ajunge în poziția II și se reîntoarce în poziția I, constituind ciclul pompei. În acest timp manivela *6* descrie o rotație completă. Fazele caracteristice ale unui ciclu sînt *aspirația* și *refularea*. Distanța parcursă de piston între pozițiile limită I și II se numește *cursă*, se notează cu *c* și este egală cu diametrul cercului descris de manivela *6* a cărei lungime este *r*:

$$c=d=2r$$

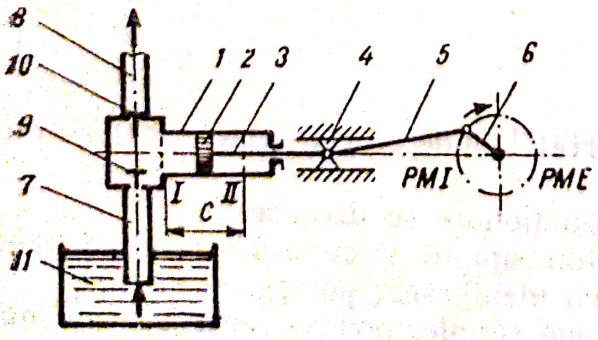


Fig. 198. Principiul constructiv și de funcționare al unei pompe cu piston.

Cînd pistonul se află în poziţia I, manivela *6* se află în punctul mort interior (PMI), iar cînd pistonul se află în poziţia II, manivela se găseşte în punctul mort exterior (PME).

2. Caracteristicile pompelor cu piston

Pompele cu piston sînt caracterizate prin : înălţimea manometrică, înălţimea maximă de aspiraţie, debit, putere, randament.

Înălţimea geometrică statică H_o (fig. 199) reprezintă suma înălţimilor de aspiraţie H_a şi a înălţimilor de refulare H_r, adică înălţimea la care pompa ridică un volum de lichid, de la nivelul I la nivelul III.

$$H_o = H_a + H_r \quad [\text{m } H_2O] \tag{173}$$

Înălţimea manometrică H reprezintă însumarea înălţimii geometrice statice H_o, cu înălţimea corespunzătoare rezistenţelor hidraulice h de frecare, de viteză şi de presiune pe care trebuie să le învingă lichidul :

$$H = H_o + h \quad [\text{m } H_2O] \tag{174}$$

Înălţimea maximă de aspiraţie H_a, este distanţa în m H_2O, măsurată pe verticală de la nivelul superior al lichidului pînă la axa pistonului.

În ipoteza unei funcţionări ideale a pompei, care să realizeze un vid perfect printr-o etanşare perfectă, în cazul unui lichid ideal, înălţimea de aspiraţie ar avea valoarea :

$$H_a = 10\,\frac{p_a - p_o}{\gamma} = 10\,\frac{1{,}033 - 0}{1} = 10{,}33 \text{ m}, \tag{175}$$

unde :

p_a este presiunea atmosferică egală cu 1,033 kgf/cm² ;

p_o – presiunea din cilindru presupusă egală cu zero, în cazul vidului perfect ;

χ – greutatea specifică a apei egală cu 1 kgf/dm³.

Etanşeitatea cilindrului practic nu poate fi perfectă. Lichidele în mişcare au pierderi de energie prin frecare, pentru învingerea forţelor de inerţie. Aceşti factori fac ca pompele cele mai bune, fabricate în serie să aibă înălţimea de aspiraţie pentru apă de maximum 7 m.

La temperaturi mai înalte apare fenomenul de evaporare care micşorează înălţimea maximă de aspiraţie. Vaporii emanaţi produc o presiune p_v numită *presiune de vapori*. Cînd în spaţiul

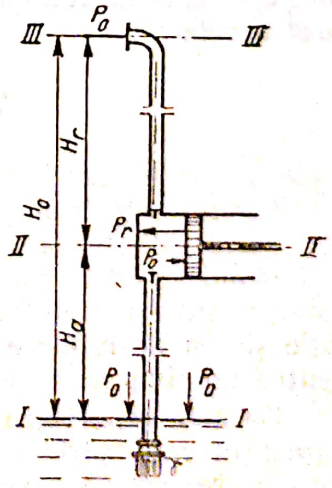


Fig. 199. Înălţimea geometrică statică.

respectiv presiunea scade sub valoarea presiunii de vapori, lichidul începe să fiarbă, coloana de lichid de la aspiraţie se întrerupe şi pompa nu mai poate funcţiona.

Datorită temperaturii, înălţimea maximă de aspiraţie scade mai mult, ajungînd la 25°C, la circa 4 m.

Înălţimea maximă de refulare. Refularea lichidului se produce sub acţiunea diferenţei de presiune dintre presiunea de refulare p_r din corpul de pompă la cursa de refulare şi presiunea atmosferică p_a.

Făcînd abstracţie de pierderile hidraulice prin frecare în conductă, supapă şi de forţele care imprimă acceleraţia lichidului, înălţimea maximă de refulare H_r va fi :

$$H_r = \frac{10(p_r - p_a)}{\gamma} \quad [\text{m}] \tag{176}$$

Debitul se defineşte ca fiind cantitatea de lichid pe care îl refulează o pompă în unitatea de timp. Debitul Q se exprimă în litri pe minut, metri cubi pe oră sau metri cubi pe secundă.

La o cursă, pistonul pompei împinge în conducta de refulare un volum de lichid egal cu volumul cilindrului :

$$V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot c \quad [\text{m}^3] \tag{177}$$

unde :

D este diametrul interior al cilindrului, în m ;

c – cursa pistonului, în m.

Cunoscîndu-se numărul de curse duble n al pompei în unitatea de timp care este egal cu numărul de rotaţii n al arborelui motor se poate calcula *debitul teoretic :*

$$Q_{teor} = V \cdot n \cdot = \frac{\pi D^2}{4} \cdot c \cdot n \quad [\text{m}^3/\text{s}] \tag{178}$$

unde n este numărul de curse duble pe secundă.

Debitul real Q al pompei este mai mic, deoarece pistonul şi cilindrul nu sînt perfect etanşe şi se produc pierderi de lichid, supapele nu se închid şi nu se deschid exact în momentul cînd pistonul ajunge la punctele moarte, ci cu oarecare întîrziere datorită inerţiei lor. Acest fenomen face ca partea de aspiraţie şi cea de refulare a pompei să fie puse în comunicaţie la fiecare cursă pentru un timp scurt în care aspiraţia şi refularea sînt suspendate.

Dacă se raportează debitul real Q la debitul teoretic Q_{teor} se obţine randamentul volumetric η_v al pompei :

$$\eta_v = \frac{Q}{Q_{teor}} \tag{179}$$

Scanned with OKEN Scanner

Randamentul volumetric al pompelor cu piston este cuprins între 0,8 și 0,98, în funcție de tipul constructiv și uzura pompei.

Puterea pompei reprezintă puterea corespunzătoare ridicării cu înălțimea H_o în m, a unui debit de lichid Q, în m³/s care are greutatea specifică γ (kgf/m³):

$$P=\gamma \cdot Q \cdot H_o \quad [\text{kgfm/s}] \tag{180}$$

În CP (cai putere) puterea pompei se determină cu relația:

$$P=\frac{\gamma \cdot Q \cdot H_o}{75} \quad [\text{CP}] \tag{181}$$

deoarece 1 CP=75 kgfm/s.

Puterea calculată mai sus reprezintă puterea utilă a pompei.

Puterea de antrenare a pompei P_a este mai mare decît puterea utilă a pompei pentru că trebuie să învingă atît pierderile volumetrice, cît și pierderile mecanice datorită frecărilor între organele de mișcare ale pompelor.

Randamentul total al pompei se definește ca raportul dintre puterea utilă a unei pompe și puterea ei de antrenare:

$$\eta_t=\frac{P}{P_a} \tag{182}$$

Analizîndu-se care sînt pierderile de putere, se observă că puterea de antrenare se consumă pentru învingerea frecărilor mecanice între piesele în mișcare: frecarea arborelui și a bielei în lagăre, frecarea capului de cruce pe glisiere, a pistonului în cilindru, frecarea supapelor în ghidajele lor etc.

Puterea care rămîne la dispoziție după învingerea frecărilor mecanice se denumește putere indicată P_i.

Raportul dintre puterea indicată și puterea de antrenare se numește *randamentul mecanic al pompei*:

$$\eta_m=\frac{P_i}{P_a} \tag{183}$$

Pentru învingerea frecărilor hidraulice din circuitul de aspirație și de refulare, inclusiv pierderile prin supape și cele de inerție, se consumă în continuare din puterea indicată P_i, și puterea care rămîne se numește putere efectivă P_e. Dacă se raportează puterea efectivă la puterea indicată se obține *randamentul hidraulic* η_h:

$$\eta_h=\frac{P_e}{P_i} \tag{184}$$

Pierderile de debit care determină ca debitul real Q să fie mai mic decît debitul teoretic Q_{teor}, fac ca și puterea utilă P să fie mai mică decît puterea

Scanned with OKEN Scanner

efectivă P_e, în aceeaşi măsură. Raportul dintre puterea utilă şi puterea efectivă este denumit *randament volumetric al pompei* η_v:

$$\eta_v = \frac{P}{P_e} \tag{185}$$

Acest randament este acelaşi cu cel obţinut prin raportarea debitelor:

$$\eta_v = \frac{Q}{Q_{tcor}}$$

Randamentul total al pompei va fi egal cu produsul randamentelor mecanic, hidraulic şi volumetric:

$$\eta_t = \eta_m \cdot \eta_h \cdot \eta_v \tag{186}$$

Randamentul total al pompelor cu piston variază între 0,7 şi 0,9.

3. Tipurile caracteristice de pompe cu piston

În funcţie de modul de acţionare sînt:
- pompe cu simplu efect, la care este activă o singură faţă a pistonului;
- pompe cu dublu efect, la care ambele feţe ale pistonului sînt active;
- pompe diferenţiale, care sînt o combinaţie între primele două categorii de pompe.

Pompele cu simplu efect (fig. 198) se caracterizează prin faptul că pistonul *2* are o singură faţă în contact cu lichidul de pompat, iar cealaltă faţă legată de tija *3* este în contact cu aerul. La o cursă a pistonului (de la P.M.I. la P.M.E.) se produce aspiraţia, iar la cealaltă cursă (de la P.M.E. la P.M.I.) se produce refularea.

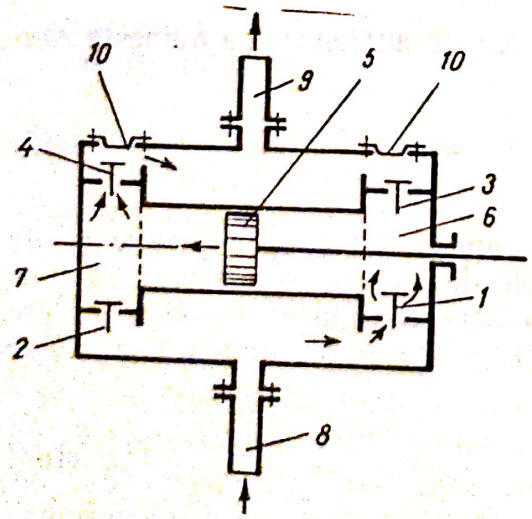


Fig. 200. Principiul constructiv şi de funcţionare al pompei cu dublu efect.

Aşa cum rezultă din formulele 178 şi 179, debitul real este:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \cdot c \cdot n \cdot \eta_v \quad [m^3/s] \tag{178}$$

Pompele cu dublu efect (fig. 200) lucrează la ambele curse ale pistonului, cele două feţe ale pistonului *5* sînt amîndouă active, cînd una aspiră cealaltă refulează. Pompa are două supape de aspiraţie *1* şi *2*, şi două

de refulare *3* și *4*, cîte o pereche pentru fiecare față activă a pistonului și cîte o cameră de pompare *6* și *7*. Lichidul intră prin conducta de aspirație *8* și iese prin conducta de refulare *9*. Supapele se prevăd cu capace de vizitare *10*.

Debitul pompei datorit feței opuse tijei pistonului este egal cu al unei pompe cu simplu efect :

$$Q_1 = \frac{\pi D^2}{4} c \cdot n \quad [m^3/s] \qquad (188)$$

Debitul pompei din partea tijei este mai mic deoarece suprafața activă a pistonului este micșorată cu suprafața tijei și are valoarea

$$Q_2 = \left(\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4}\right) c \cdot n \quad [m^3/s] \qquad (189)$$

unde d este diametrul tijei, în m.

Debitul teoretic total este egal cu :

$$Q_{teor} = Q_1 + Q_2 = \frac{\pi D^2}{4} c \cdot n + \left(\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4}\right) c \cdot n \quad [m^3/s]$$

sau

$$Q_{teor} = \left(2\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4}\right) c \cdot n \quad [m^3/s] \qquad (190)$$

Debitul real al pompei este următorul :

$$Q = \left(2\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4}\right) c \cdot n \cdot \eta_v \quad [m^3/s] \qquad (191)$$

Avantajele pompei cu dublu efect față de pompele cu simplu efect sînt :
– debitul aproape dublu la aceeași cursă, turație și diametru de piston ;
– debitul nu mai este intermitent, deoarece pompa debitează la fiecare cursă a pistonului.

Aceste pompe necesită însă o construcție mai complicată decît cele cu simplu efect.

Pompele diferențiale (fig. 201) fac trecerea de la pompele cu simplu efect la cele cu dublu efect. Aspirația se face pe o singură față a pistonului *1*, iar refularea pe ambele fețe. Pistonul *1* este format din două porțiuni de diametre diferite, iar pompa este prevăzută cu o cameră suplimentară *2*, legată la conducta de refulare *3*.

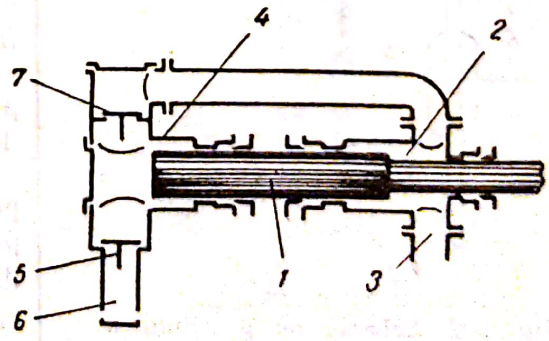


Fig. 201. Pompă diferențială cu piston-plonjor.

Prin deplasarea pistonului *1* spre dreapta, în cilindrul *4* se creează o depresiune care face să se deschidă supapa de aspiraţie *5* şi lichidul din conducta de aspiraţie *6* să pătrundă în cilindru, în timp ce supapa *7* este închisă. În camera suplimentară *2* lichidul venit acolo din cursa precedentă este împins spre conducta de refulare *3*, prin deplasarea pistonului.

Cînd pistonul se deplasează de la dreapta la stînga, supapa *5* se închide, se deschide supapa *7* şi lichidul este refulat o parte prin conducta de refulare *3* şi cealaltă parte în camera suplimentară *2*, al cărui volum este mai mic decît al cilindrului *4*.

Pompa diferenţială are acelaşi debit ca o pompă cu simplu efect de aceleaşi dimensiuni, însă are avantajul unui debit mai uniform, datorită refulării lichidului în ambele curse ale pistonului. Din punct de vedere constructiv pompa diferenţială este mai simplă avînd numai două supape în loc de patru, piston-plonjor în loc de piston disc şi nu necesită condiţii speciale de etanşare.

4. Tipuri de pompe cu piston utilizate în industria chimică şi în rafinării

Condiţiile speciale care se impun datorită varietăţii mari de lichide ce trebuie transportate, fac ca în industria chimică şi rafinării să fie utilizate un număr mare de tipuri constructive de pompe cu piston.

Pompele cu piston disc prevăzute cu camere pneumatice pe conductele de aspiraţie şi refulare (fig. 202) prezintă avantajul că înlătură în bună măsură neuniformitatea debitului pompat.

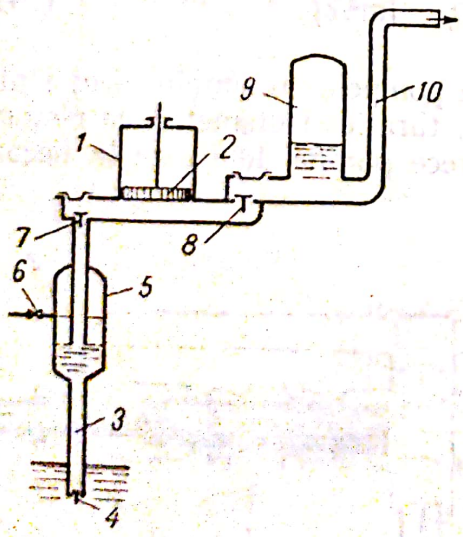


Fig. 202. Schema de principiu a unei pompe cu piston disc, cu simplu efect şi cu cameră pneumatică.

Pentru a pune în funcţiune pompa, se umple cu apă conducta de aspiraţie *3* şi camera pneumatică *5* pînă la nivelul robinetului *6* prin care se face umplerea.

La pornire, în timpul cursei de ridicare a pistonului *2*, în cilindrul *1*, pompa aspiră lichid din camera pneumatică *3*, nivelul lichidului şi presiunea scad şi fac să se deschidă ventilul de fund *4* şi supapa de aspiraţie *7*. Lichidul se ridică prin conducta *5* cu o cantitate ce depinde de debitul pompei.

La cursa de coborîre a pistonului, pompa refulează lichidul deschizînd supapa *8*. O parte din lichid trece în conducta de refulare *10*, iar alta intră în camera pneumatică *9* mărind presiunea. După terminarea cursei de refulare, se închide supapa *8* şi conducta de refu-

lare este alimentată în continuare cu lichid din camera pneumatică *9*, cît timp presiunea din camera pneumatică este mai mare decît presiunea din conducta de refulare.

Pompele antiacide cu pernă de ulei (fig. 203) sînt pompe verticale, prevăzute cu camere pneumatice de refulare. Între piston și spațiul prin care circulă

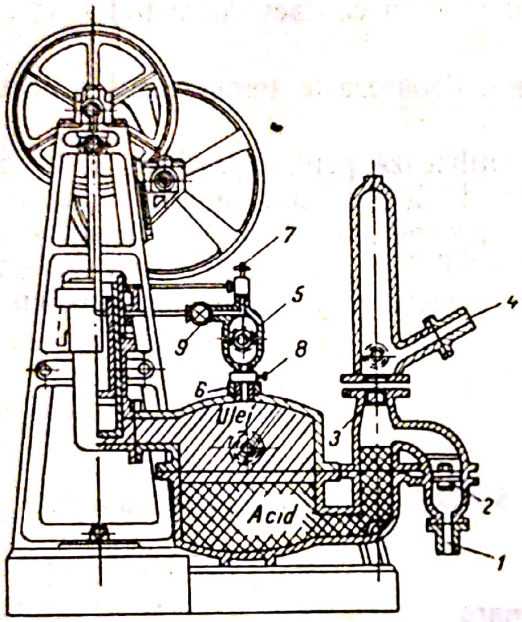


Fig. 203. Pompă antiacidă cu pernă de ulei:

1 — conductă de aspirație; *2* — supapă de aspirație; *3* — supapă de refulare; *4* — ștuțul conductei de refulare; *5* — colector de gaz; *6* — orificiu pentru turnarea uleiului; *7* — robinet pentru scoaterea gazului; *8* și *9* — robinete.

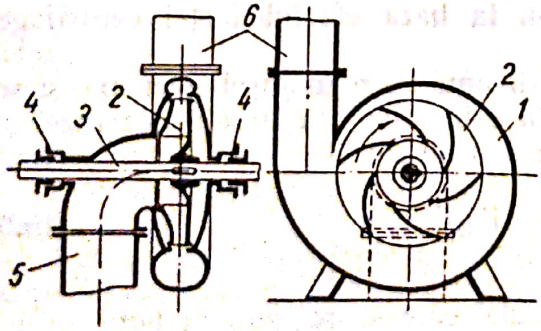


Fig. 205. Pompă centrifugă monoetajată.

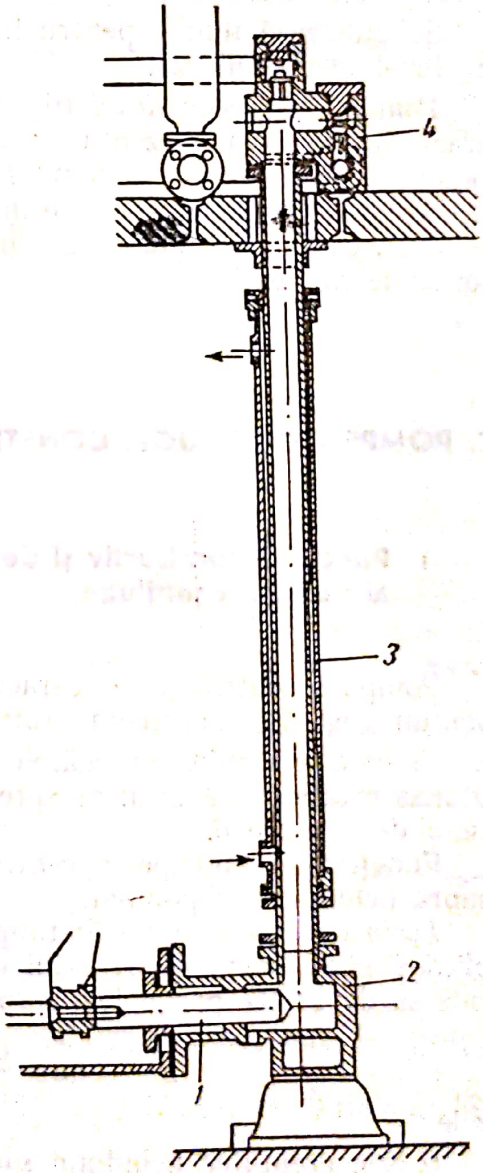


Fig. 204. Shema unei pompe cu piston lichid.

soluţia acidă, a fost introdusă o pompă de ulei. Acest ulei nu trebuie să reacţioneze cu lichidul de transportat.

Uleiul asigură în acelaşi timp ungerea pistonului de tip lung cu plunger. Corpul pompei se construieşte din fontă cenuşie, iar piesele care vin în contact cu acizii din fontă cu siliciu sau oţel inoxidabil.

Pompele cu membrană sînt pompe cu piston folosite pentru lichide impure, la care produsul ce trebuie transportat nu vine în contact cu pistonul, ci cu o membrană circulară de cauciuc.

Se utilizează numai pentru lichide reci, deoarece la temperaturi ridicate cauciucul se degradează.

Pompele cu piston lichid (fig. 204) se utilizează pentru produse calde. Se caracterizează prin prezenţa unei coloane de lichid care desparte pistonul pompei de lichidul cald. Pistonul *1* şi corpul pompei *2* sînt montate la un nivel, iar corpul supapelor *4* care vine în contact cu fluidul cald la alt nivel. Coloana de lichid, care se comportă ca o prelungire a pistonului, se menţine rece cu o manta de răcire *3*.

C. POMPE CENTRIFUGE. CONSTRUCŢIE ŞI CALCUL

1. Principiul constructiv şi de funcţionare al pompei centrifuge

Pompele centrifuge se caracterizează printr-un debit continuu. Ele se compun (fig. 205) dintr-un stator *1*, în care se roteşte un rotor *2*, fixat pe axul 3 care se sprijină în lagărele *4*. Lichidul intră prin racordul 5 în rotor şi datorită rotaţiei este aruncat spre periferie în stator de unde iese prin conducta de refulare *6*.

Funcţionarea pompelor centrifuge au la bază efectul forţei centrifuge asupra lichidului de pompat.

Forţa centrifugă apare în timpul rotirii unui corp în jurul unei axe şi se aplică fiecărei particule a acelui corp. Ea este orientată în direcţia razei şi tinde să depărteze particulele corpului de axa de rotaţie:

$$F_c = \frac{G \cdot r \cdot \omega^2}{g} \quad [\text{kgf}] \qquad (192)$$

unde:

G este greutatea lichidului sau particulei care se roteşte, în kgf;
g – acceleraţia căderii libere, în m/s²;
r – distanţa de la axa de rotaţie pînă la centrul de greutate al corpului sau particulei care se roteşte, în m;

ω este viteza unghiulară a mișcării de rotație, în rad/s;

$$\omega = \frac{\pi n}{30} \quad [\text{rad/s}] \tag{193}$$

n — turația, în rot/min.

Producerea forței centrifuge se datorește rotirii rotorului pompei cu o turație mare de 750 pînă la 5 000 rot/min. La pornire, pompa trebuie să fie plină cu lichid, care este antrenat în mișcarea de rotație prin intermediul paletelor rotorului și asupra căruia forța centrifugă imprimă o mișcare de la centru spre periferie.

Moleculele lichidului la ieșirea din rotor sînt împinse în stator și presate spre ieșire.

În timp ce la periferie presiunea crește, la centru se produce o depresiune care aspiră lichidul în pompă.

Forma statorului este a unei spirale, care permite circulația lichidului fără schimbări bruște de direcție și fără vîrtejuri.

Pompa centrifugă transformă energia mecanică transmisă de motor axului rotorului în energie cinetică care produce forța centrifugă, iar o parte din forța centrifugă se transformă în energie de presiune care permite ridicarea coloanei de lichid pînă la înălțimea H_o.

2. Caracteristicile pompelor centrifuge

Înălțimea maximă *de aspirație* este ceva mai mică decît la pompele cu piston deoarece aici apare fenomenul de *cavitație*, adică se formează vapori și cînd presiunea de aspirație este mai mică decît presiunea de vaporizare a lichidului se produce dezamorsarea pompei. Înălțimea maximă de aspirație H_a este în cazul lichidelor reci de circa 6 m pentru pompele mari și circa 4 m pentru pompele mici.

În cazul fluidelor calde montajul se va face astfel ca pompele să lucreze înecat.

Înălțimea de refulare reprezintă unul din criteriile de clasificare a pompelor centrifuge după cum urmează:

— pompele de joasă presiune — pînă la 20 mH_2O, care au un singur rotor;

— pompe de medie presiune — între 20 și 50 mH_2O;

— pompe de înaltă presiune — peste 50 mH_2O care sînt pompe cu mai multe etaje.

Debitul Q este o caracteristică a pompei centrifuge și depinde de turația rotorului.

Puterea utilă se calculează ca și la pompele cu piston, cu formula 180. Se poate exprima în kW cu formula:

$$P = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_o}{102} \quad [\text{kW}] \tag{194}$$

Puterea aparentă va fi :

$$P_a = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_o}{102 \cdot \eta_t} \quad [kW] \qquad (195)$$

Randamentul maxim al pompelor centrifuge se realizează numai cînd lucrează la turaţia pentru care au fost construite, debitul şi înălţimea manometrică variind în intervale largi prin reglarea robinetului de pe conducta de refulare.

Pentru fiecare pompă centrifugă se construieşte diagrama caracteristică care indică variaţia debitului, înălţimii manometrice, a puterii şi randamentului în funcţie de turaţie.

3. Tipuri de pompe centrifuge

Pompa centrifugă fără distribuitor se utilizează pentru înălţimi manometrice de maxim 20 mH_2O.

Prin distribuitor se înţelege un disc cu palete montat în carcasa fixă a pompei şi care are rolul de a prelua lichidul care iese dintre paletele rotorului şi a-l dirija spre carcasă, micşorînd pierderile de energie prin vîrtejuri şi ciocniri între lichid şi pereţii carcasei.

Pompele tip Lotru-Cerna-Criş (fig. 206) sînt pompe centrifuge monoetajate care se folosesc pentru lichide curate sau puţin murdare cu temperatura sub 105°C şi viscozitate sub 5°C. Debitul lor este cuprins între 3 şi 450 m^3/h, iar înălţimea de pompare între 4 şi 35 m. Au ştuţul de aspiraţie axial (cu axul orizontal), iar cele de refulare în sus. Piesele turnate se execută din fontă, iar arborele din oţel.

Pompa centrifugă rezistentă la acizi (fig. 207) se execută din fontă cenuşie cu excepţia corpului *3* şi a rotorului *7*, care se toarnă din fontă silicioasă. Pe suportul *1* se fixează prin flanşa *2*, corpul *3* al pompei. Arborele *4* este bine centrat în lagărele cu rulmenţi *5*. Presgarnitura *6* cu şnur de azbest, trebuie îmbibată cu compoziţie antiacidă. Rotorul *7* este fixat pe arbore cu piuliţa *8*.

Această pompă se construieşte în ţară şi se utilizează în mod curent în industria chimică.

Pompa centrifugă cu distribuitor este în general o pompă cu mai multe etaje utilizată pentru presiuni medii şi mari (fig. 208). Pe arborele *1* executat din oţel aliat şi sprijinit pe lagărele *2*, se află montate bucşele *3*, *4*, *5*, *6* şi *7* şi rotoarele *11*. Carcasa este formată din elementele *8*, *9* şi *10*, prinse în şuruburi. În carcasă sînt fixate distribuitoarele *12*. Pentru echilibrare este fixat discul *13*.

Se utilizează pentru alimentarea cazanelor cu abur sau cu apă preîncălzită pînă la 130°C. Ele sînt prevăzute cu presetupe pentru răcire cu apă.

Scanned with OKEN Scanner

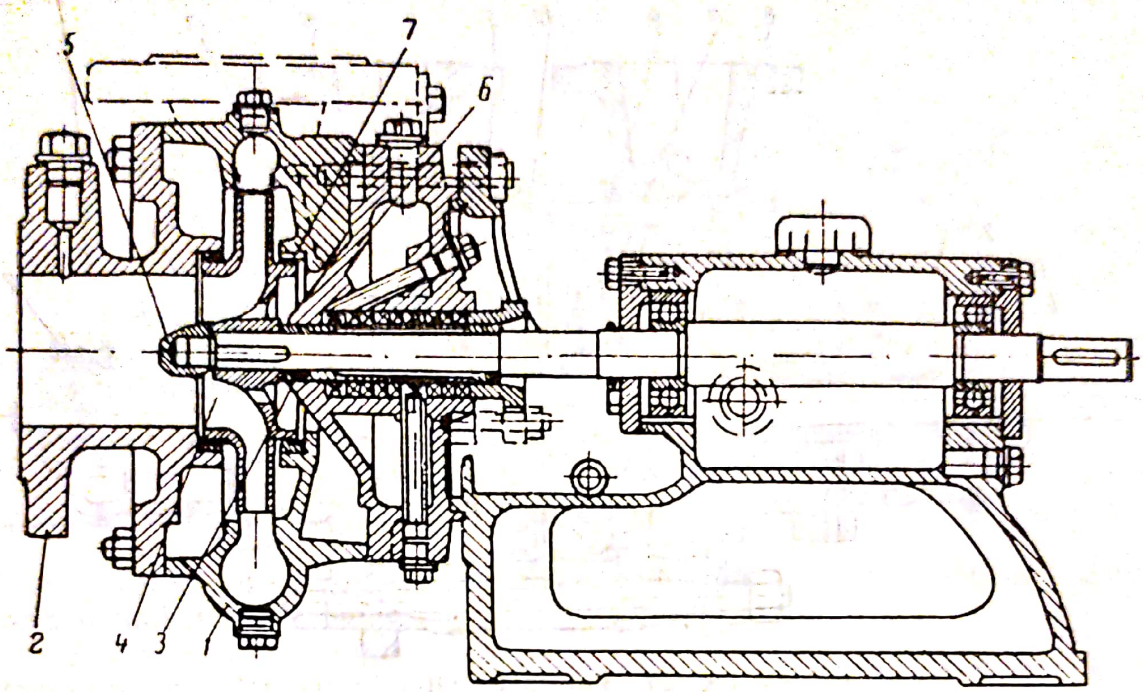


Fig. 206. Pompă tip Lotru-Cerna-Criş :

1 — carcasă ; *2* — ştuţ de aspiraţie ; *3* — garnitură ; *4* — rotor ; *5* — portiţă ; *6* — bucşă ; *7* — inel labirint.

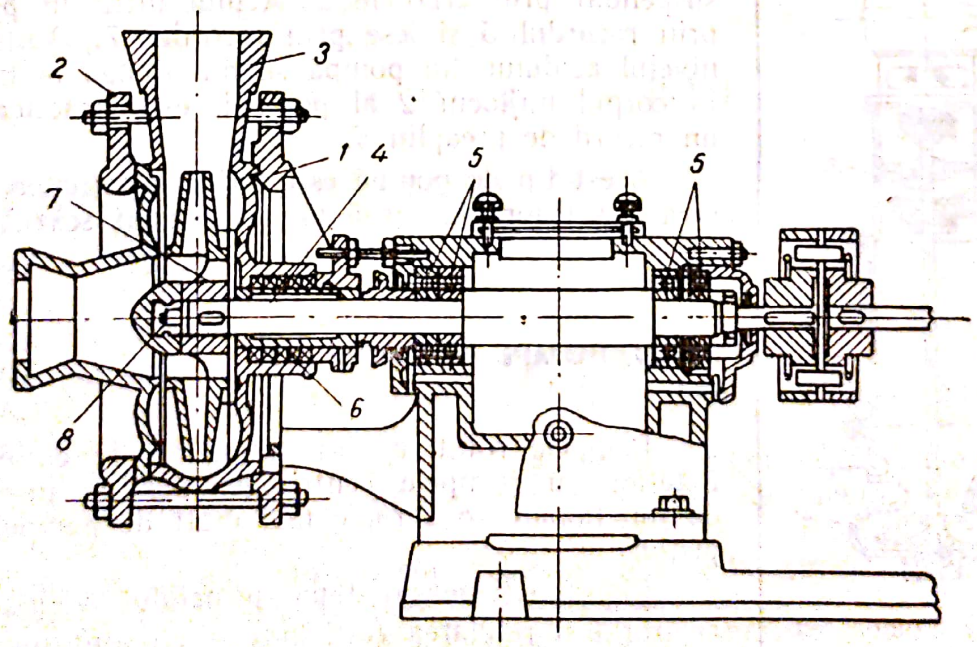


Fig. 207. Pompă centrifugă rezistentă la acizi.

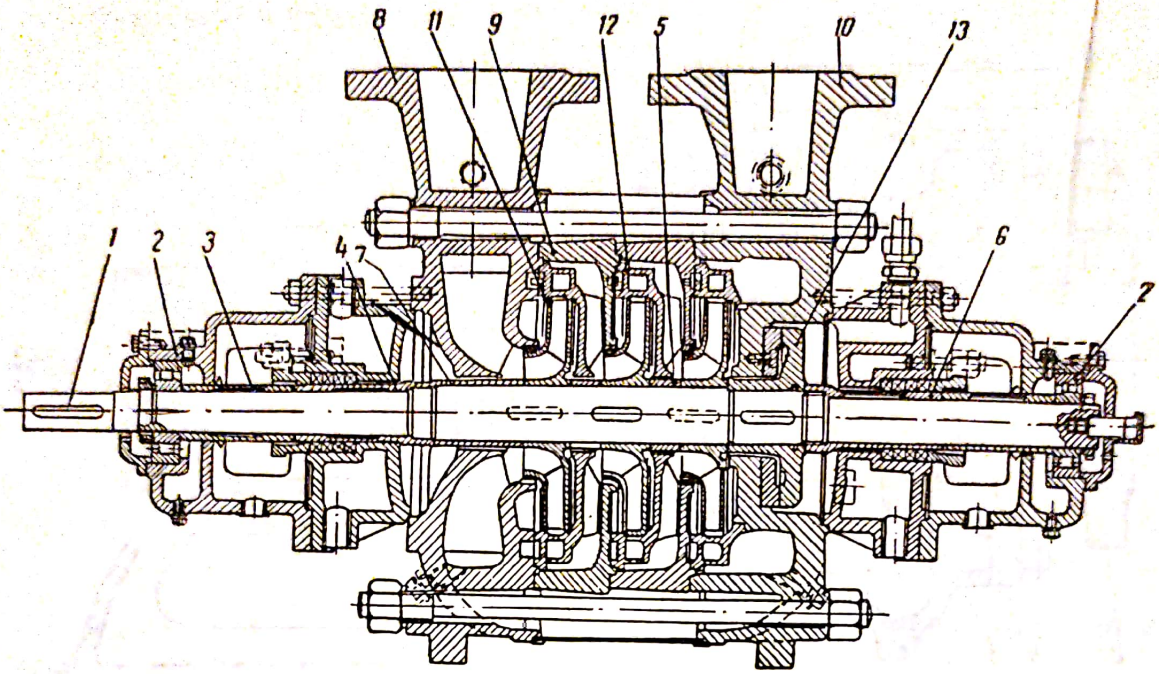


Fig. 208. Pompă tip Ot

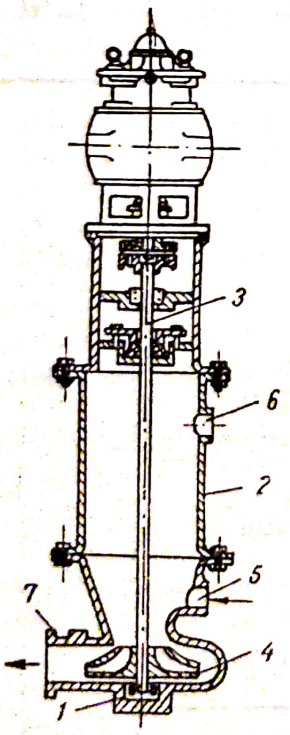


Fig. 209. Pompă centrifugă cu arbore vertical pentru acizi.

Pompa centrifugă cu arbore vertical (fig. 209) se utilizează pentru acizi, suspensii, noroaie cu gaze etc. În carcasa *1*, rotorul *4* este înecat în acid şi suspendat prin arborele *3*. Acidul intră în pompă prin racordul *5* şi iese prin racordul *7*. Pentru ca nivelul acidului din pompă să nu ajungă la lagăre, în corpul mijlociu *2* al pompei, este practicat un un racord de preaplin *6*.

Acest tip de pompă este ferit de acţiunea corosivă a acizilor. Are însă un randament scăzut.

D. POMPE ROTATIVE

Pompele rotative sînt asemănătoare ca aspect exterior cu pompele centrifuge, dar ca principiu de funcţionare se apropie mai mult de pompele cu piston.

Ele funcţionează după principiul volumetric, aspiraţia şi refularea realizîndu-se cu ajutorul unor piese care se rotesc în interiorul carcasei.

Scanned with OKEN Scanner

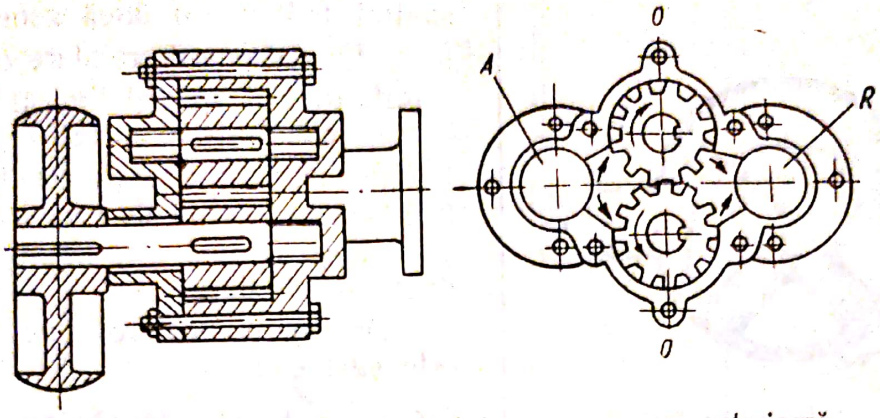


Fig. 210. Pompă cu roți dințate cu angrenare exterioară.

Se caracterizează printr-un debit constant care poate fi modificat numai prin schimbarea turației.

Pompele cu roți dințate cu angrenare exterioară (fig. 210) se compun dintr-un corp în interiorul căruia se găsesc angrenate două roți dințate late. Antrenarea roților dințate se face prin intermediul unei roți de curea montată pe același ax cu una din roțile dințate denumită *roată motoare*.

Aspirația se face prin racordul *A*, lichidul se deplasează prin golurile dinților, iar refularea se face prin racordul *R*. Lichidul nu se poate întoarce înapoi datorită faptului că dinții la angrenare refulează lichidul din golurile dinților, realizînd o angrenare etanșă.

Debitul pompei se calculează cu formula:

$$Q = 2 \cdot \pi \cdot d \cdot m \cdot b \cdot n \cdot \eta_v \quad [m^3/s] \qquad (196)$$

unde:

d este diametrul cercului primitiv, în m;
m — modulul dinților, în m;
b — lățimea dinților, în m;
n — turația roților în rot/s;
η_v — randamentul volumetric.

Randamentul total al pompei ajunge la 0,6 – 0,7.

Aceste pompe se pot cupla și direct de motoarele electrice. Ele permit schimbarea de sens a lichidului.

Se utilizează pentru lichide vîscoase dar fără impurități, lichide fierbinți sau în suspensii, ca de exemplu pentru transportul de păcură, uleiuri, siropuri, glicerină, parafină etc.

Pompele cu roți dințate sînt robuste, de construcție simplă și ieftine.

Pompa rotativă cu palete (fig. 211) se compune dintr-o carcasă cilindrică *1*, în care se află un rotor cilindric *2* așezat excentric, prevăzut cu patru canale radiale așezate la 90°, în care culisează patru palete *3*. Paletele *3* în timpul rotirii apasă pe peretele interior al carcasei, datorită forței centrifuge și împart

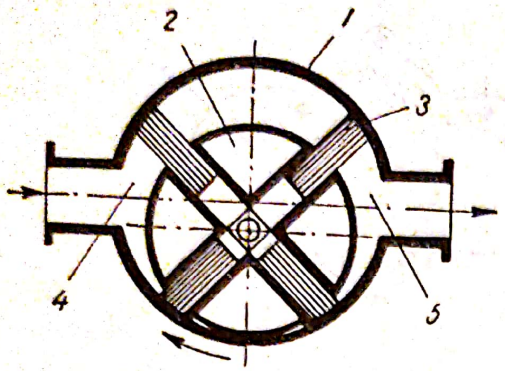


Fig 211. Schema de principiu a pompei rotative cu patru palete.

spațiul de lucru în două zone una de aspirație *4* și una de refulare *5*. Cînd se rotește rotorul, spațiul limitat de două lamele se mărește în partea de aspirație, fapt ce determină aspirația în corpul pompei, iar spațiul de refulare se micșorează și lichidul este împins în conducta de refulare.

Debitul pompei rotative cu palete este egal cu :

$$Q = 2 \cdot e \cdot b \cdot n \, (\pi \cdot D - \delta \cdot z) \, \eta_v \quad [m^3/s] \qquad (197)$$

unde :

e este excentricitatea rotorului, în m ;
b — lățimea rotorului și a paletelor, în m ;
n — turația, în rot/s ;
D — diametrul carcasei, în m ;
δ — grosimea paletelor, în m ;
z — numărul de palete ;
η_v — randamentul volumetric.

Pompele cu palete se folosesc ca pompe de ungere, de vid, pentru lichide vîscoase, la sarcini reduse și debite mici și mijlocii.

E. DISPOZITIVE DE POMPARE FĂRĂ ELEMENTE MOBILE

Sifonul (fig. 212) este un dispozitiv format dintr-o țeavă curbată în U, de sticlă sau de metal care servește pentru a transvaza un lichid dintr-un vas așezat la un nivel superior, în altul așezat mai jos, pînă la egalizarea nivelelor.

Ridicarea lichidului din vas și curgerea lui se realizează prin acțiunea presiunii atmosferice.

Transvazarea are avantajul unei aparaturi simple, dispozitivul fiind ușor de executat din materiale anticorosive ca plumb, ebonită, porțelan. Se utilizează în industria chimică pentru transvazarea lichidelor puternic corosive.

Dezavantajul principal constă în greutatea amorsării. Lichidul nu curge pînă cînd sifonul nu este umplut cu lichid.

Scanned with OKEN Scanner

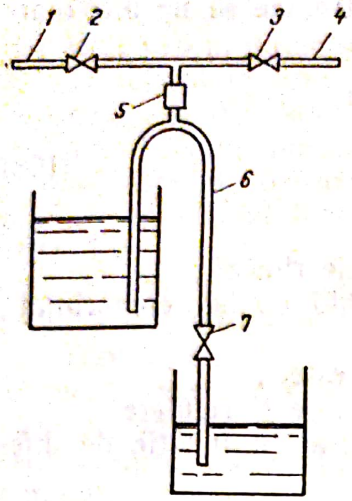


Fig. 212. Sifon cu amorsare prin depresiune

1 — legătură cu atmosfera ; *2*, *3* *7* — ventile ; *4* — racord la instalaţia de vid ; *5* — lanternă de observaţie ; *6* — sifon.

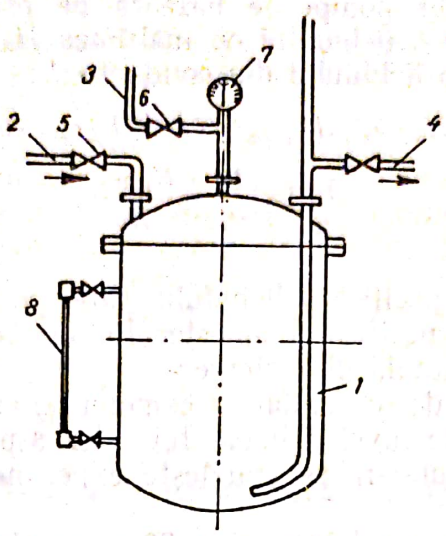


Fig. 213. Montejus.

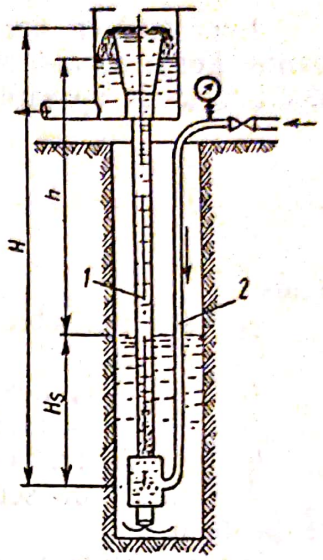


Fig. 214. Principiul pompei mamut.

Montejusul este un dispozitiv prin intermediul căruia lichidele, în special cele corosive, pot fi ridicate la o anumită înălţime cu ajutorul aerului sau a altui gaz comprimat.

Montejusul (fig. 213) se compune dintr-un vas de presiune *1* care se umple cu acid prin conducta *2*, prevăzută cu o clapetă de reţinere *5*. La deschiderea robinetului *6* montat pe conducta de aer comprimat *3*, aerul comprimat intră în recipient. Presiunea aerului comprimat închide clapeta de reţinere *5*, deoarece presiunea aerului comprimat este mai mare decît presiunea coloanei de acid şi apăsînd pe suprafaţa lichidului îl obligă să se ridice prin conducta de refulare *4*. Cînd tot lichidul a fost evacuat, presiunea scade brusc, ventilul *6* se închide şi clapeta de reţinere *5* se deschide, acidul intrînd din nou în vas.

Montejusul este înzestrat cu un manometru *7*, un indicator de nivel *8* şi o supapă de siguranţă.

Montejusurile sînt dispozitive simple, uşor de manipulat şi se folosesc în industria chimică pentru pomparea lichidelor corosive. Prezintă avantajul că nu au piese în mişcare.

Randamentul lor este scăzut.

Pompa mamut (fig. 214) este acţionată cu aer comprimat care intră prin conducta *2* şi prin amestecare cu lichidul, îi micşorează greutatea specifică determinîndu-l astfel să se ridice prin conducta *1*.

Funcționarea acestor pompe se bazează pe principiul vaselor comunicante. Forța de apăsare a lichidului cu înălțimea H_s trebuie să fie mai mare decît forța de apăsare a lichidului din conducta *1*:

$$H_s \cdot \gamma_1 \geqslant H \cdot \gamma_2 = (H_s + h)\gamma_2 \quad \text{sau}$$

$$\frac{\gamma_1}{\gamma_2} \geqslant \frac{H}{H_s} = \frac{H_s + h}{H_s} \tag{198}$$

unde:

γ_1 este greutatea specifică a lichidului care trebuie ridicat;
γ_2 — greutatea specifică a amestecului de lichid cu aer comprimat;
H — înălțimea totală de ridicare;
H_s — adîncimea de scufundare a camerei de amestec;
h — diferența de nivel a lichidului între aspirație și refulare.

Adîncimea de scufundare se stabilește experimental în funcție de diferența de nivel.

Pentru diferențe de nivel între 6 și 30 m se alege:

$$\frac{H_s}{H_s + h} = 0{,}65 \ldots 0{,}7$$

Pompe cu jet de fluid (injectoare și ejectoare)

Pompe cu jet de fluid sînt aparate la care aspirația și refularea lichidului se realizează prin transformarea energiei cinetice a unui curent motor de abur, apă sub presiune sau aer comprimat, în energie potențială.

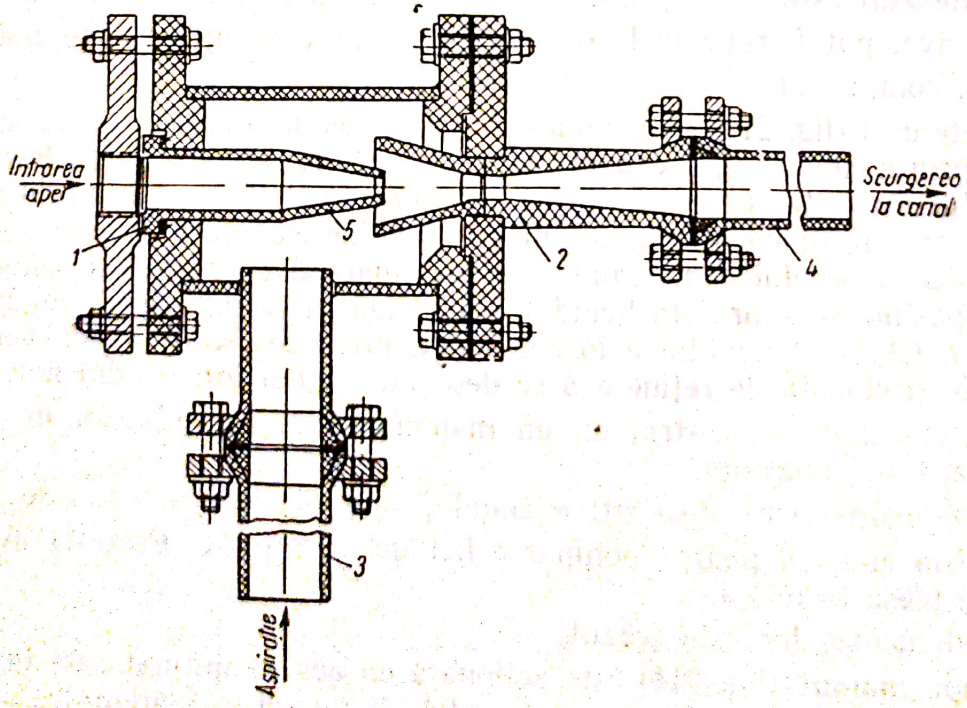


Fig 215. Ejector.

Pompele cu jet sînt de două feluri : *injectoare* care refulează lichidul într-un vas aflat sub presiune şi *ejectoare* care aspiră lichidul din vasul în care se află şi-l evacuează la presiunea atmosferică.

Ejectorul din figura 215 este construit din polivinil dur pentru soluţii corosive. Fluidul motor intră prin orificiul *1* şi îşi măreşte viteza la trecerea prin ajutajul *5*, datorită secţiunii înguste a acestuia. La ieşirea din ajutaj produce în spaţiul înconjurător o depresiune şi aspiră din conducta de aspiraţie *3* lichidul de pompat. Împreună cu acesta intră în ajustajul conic *2* în care îşi măreşte viteza. La ieşirea din ajutaj prin mărirea secţiunii energia cinetică se transformă în energie potenţială şi amestecul iese prin conducta *4*.

Ejectoarele se folosesc la evacuarea lichidelor murdare, noroi etc. Sînt ieftine, nu necesită supraveghere, au o funcţionare sigură. Se execută din materiale corespunzătoare lichidului care trebuie pompat. Dezavantajele lor sînt randamentul scăzut (0,15—0,3) şi amestecarea fluidului motor cu fluidul de pompat.

F. ECHIPAMENTUL POMPELOR

Pompele sînt compuse dintr-o serie de piese care împreună formează echipamentul pompelor.

1. Echipamentul pompelor cu piston

Pompele cu piston se caracterizează prin prezenţa următoarelor organe comune : corpul de pompă, pistonul şi tija acestuia, presgarniturile, sorbul, casetele de supape, supapele şi camerele de aer.

a. Corpul de pompă şi casetele de supape

Corpul de pompă (carcasa) este organul în care este amenajat cilindrul pompei. Se execută din fontă cenuşie, fontă modificată sau oţel turnat. În cazul fluidelor corosive se folosesc materiale rezistente chimic cum sînt: oţelurile antiacide (inoxidabile), fontă silicioasă sau căptuşeli din plumb, materiale ceramice, porţelan.

Carcasa pompei trebuie în aşa fel proiectată, încît lichidul să parcurgă un drum fără şicanări, astfel ca rezistenţele întîmpinate la trecerea lui să fie cît mai mici. Prelucrarea la maşinile-unelte, asamblarea, montajul la instalare, manipularea în exploatare, revizia, întreţinerea şi reparaţiile să se poată executa cu uşurinţă şi în cel mai scurt timp.

Scanned with OKEN Scanner

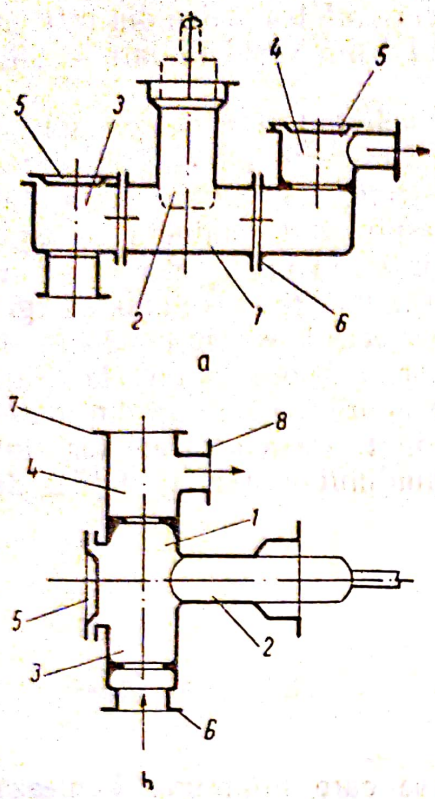


Fig. 216. Corp de pompă:
a — cu casete separate; *b* — cu casetele supapelor în corp.

Casetele supapelor trebuie să fie astfel amplasate încît accesul la supape să fie ușor, fără să fie necesară demontarea pompei.

Corpul de pompă se poate executa cu casetele de supape separate (fig. 216, *a*) sau cu casetele de supape *3* și *4* montate în corpul de pompă (fig. 216, *b*). În corpul de pompă *1* este amenajat cilindrul *2*. Casetele cu corpul de pompă sau cu conductele, se leagă prin flanșele *6*, *7* sau *8*. Casetele sau corpul de pompă sînt prevăzute ca capacele de vizitare *5*.

Corpurile de pompă au prelucrate numai suprafețele de montare și cele de frecare și anume: suprafețele flanșelor de asamblare cu casetele de supape, cu casetele de presgarnituri, cu conductele de aspirație și de refulare, cu camerele de aer, cu capacele de vizitare și locașurile în care se montează supapele și presgarniturile.

Cilindrul propriu-zis se prelucrează numai în cazul pistoanelor cu discuri.

În cazul pompelor pentru lichide abrazive cilindrii se uzează foarte repede și atunci se adoptă construcția cu cămăși demontabile care formează cilindrii. Cămășile se execută din oțeluri de cementare, rezistente la uzură. Cînd cămășile au căpătat o uzură inadmisibilă se demontează și se înlocuiesc cu altele noi.

Cilindrii pompelor pot fi răciți prin introducerea unui circuit de apă de răcire între cilindru și corpul pompelor.

b. Pistonul

În construcția pompelor se întîlnesc două tipuri de pistoane: piston disc și piston plonjor. Cele două pistoane se deosebesc în mod esențial prin faptul că pistonul disc trebuie prevăzut cu garnituri care să etanșeze cele două spații ale cilindrului delimitate de el, iar pistonul plonjor nu este prevăzut cu garnituri.

Pistonul disc se execută din fontă, oțel sau bronz pentru pompe cu simplu și dublu efect.

Pentru a asigura închiderea etanșă a cilindrului, pistoanele disc sînt prevăzute cu garnituri din diferite materiale ca:

Scanned with OKEN Scanner

— *garnituri din cînepă* — în cazul pompelor cu presiuni mici pentru pomparea apei reci sau calde:

— *garnituri de piele* (fig. 217, *a*) — în cazul presiunilor înalte, dar pentru viteze mici ale pistonului, la pompele pentru apă rece și curată. Manșetele de piele *4* și *4'* se așază spate în spate și se strîng între cele două părți ale pistonului *1* și discul intermediar *5*, cu piulița *6* a tijei pistonului *3*. Asigurarea împotriva deșurubării se realizează cu contrapiulița *6'*. Așezarea garniturilor spate în spate permite ca pistonul să lucreze cu dublu efect. Presiunea din cilindrul *2* desface manșeta din piele și o presează pe pereții cilindrului, astfel încît etanșarea este asigurată la orice presiune;

— *garnituri din cauciuc* (fig. 217, *b*) — în cazul presiunilor mari și la lichide murdare. Pistonul *1* este prevăzut cu două garnituri de cauciuc vulcanizat *2*, cu inserții de pînză *8*. Garniturile din cauciuc sînt presate de talerele *3* care sînt fixate prin inelele de siguranță *4*. Prin locașul conic al pistonului intră capul conic al tijei pistonului *5* și se fixează cu piulița *6*, prevăzută cu un inel de fibre *7* care împiedică pătrunderea impurităților din lichid la filet;

— *garnituri din inele metalice* (fig. 217, *c*) — care au avantajul că nu se uzează repede și pot fi înlocuite cu ușurință. Corpul pistonului *1* se montează pe tija pistonului *2* cu ajutorul unei piulițe, iar inelele metalice (segmenții) *3* se fixează în locașele din corpul pistonului. Totdeauna inelele metalice sînt executate din materiale cu duritate mai mică decît duritatea cilindrului.

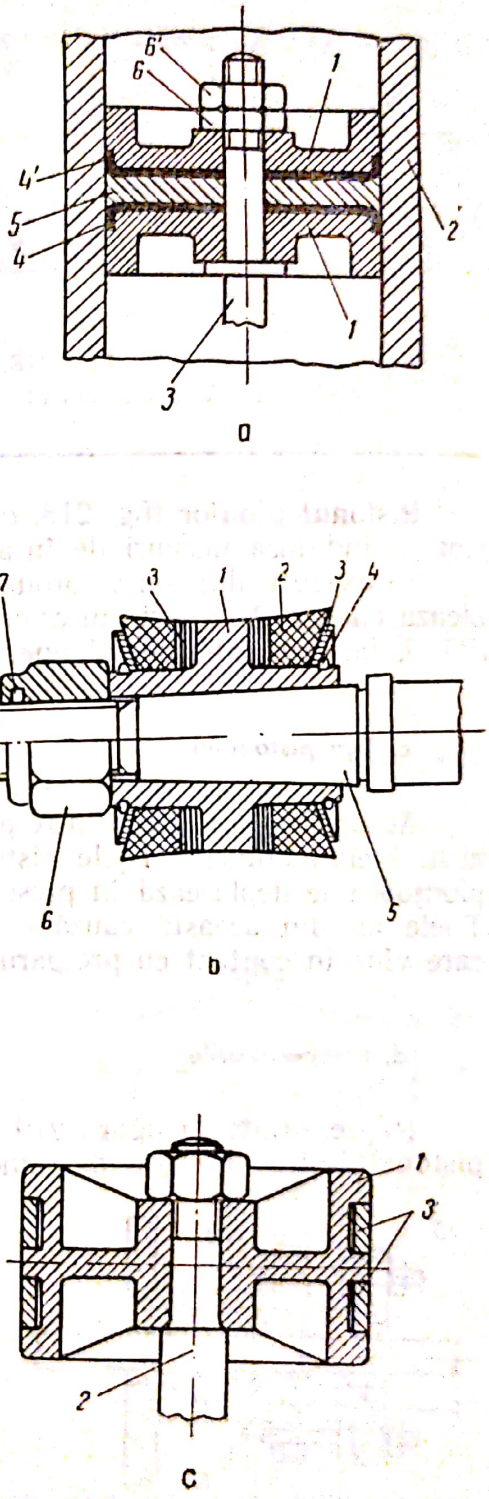


Fig. 217. Pistoane disc.

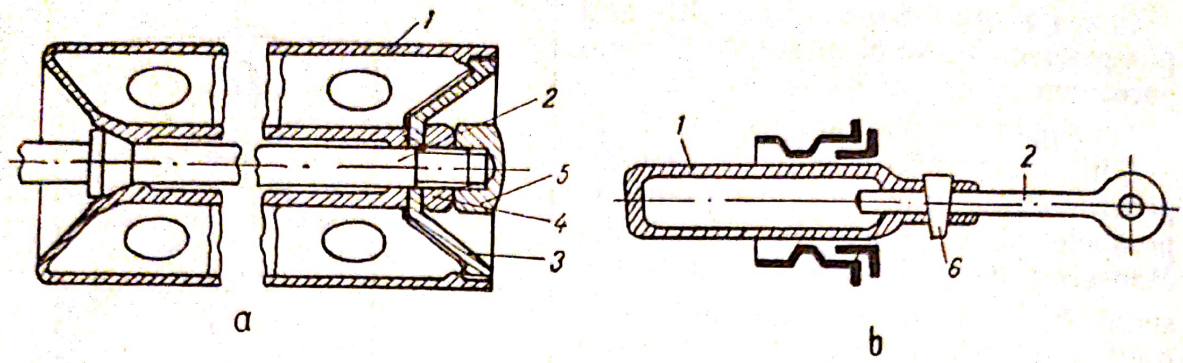


Fig. 218. Piston plonjor:
a — cu tija fixată prin filet; *b* — cu tija fixată prin pană transversală.

Pistonul plonjor (fig. 218, *a*) este un corp cilindric, de obicei gol la interior, avînd însă nervuri de întărire.

Se execută din fontă, bronz sau oțel turnat. Pistonul plonjor *1* se asamblează cu tija *2*, fie prin intermediul unui capac *3* cu o piuliță *4* și contrapiuliță *5*, fie prin intermediul unei pene transversale *6* (fig. 218, *b*).

c. Tija pistonului

Acesta face legătura între piston și capul de cruce, la pompele cu mecanism bielă-manivelă. Tijele pistoanelor disc și uneori și cele ale pistoanelor plonjoare se deplasează în presgarnituri, din care cauză se uzează cu timpul. Tijele au din această cauză o duritate superficială mare. Suprafața tijelor care vine în contact cu presgarnitura se prelucrează prin rectificare.

d. Presgarniturile

Reprezentate în figura 219 presgarniturile sînt piese de etanșare ale tijei pistonului și se execută din cînepă, piele sau metal. Corpul presgarniturii *1* este solidar cu corpul de pompă și în el se introduce capacul presgarniturii *2*, care presează garnitura *4*, cu ajutorul șuruburilor *3*. Pentru ca tija să nu frece pe metalul dur al corpului sau capacului s-au introdus bucșele *5* și *6* din aliaje antifricțiune.

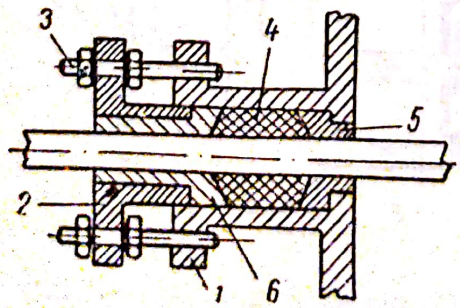


Fig. 219. Schița unei presgarnituri.

Cînd garnitura de etanșare se uzează, se presează în locașul său cu ajutorul capacului de strîngere.

e. Supapele

Supapele au rolul de a deschide şi închide circuitul lichidului în corpul de pompă. Ele pot fi axiale sau rabatabile.

Supapele pot fi comandate de mecanisme în legătură cu arborele cotit al pompei sau automate, care funcţionează numai sub influenţa presiunii din corpul de pompă.

Construcţia lor trebuie să asigure închiderea perfectă şi fără lovituri şi să opună o rezistenţă cît mai mică la trecerea lichidului.

Pentru a asigura o închidere bună, supapele sînt prevăzute cu arcuri de închidere.

Supapele se execută din metale ca bronzul, fonta sau oţelul bine prelucrate şi şlefuite în cazul lichidelor curate şi se prevăd cu garnituri de etanşare din piele, cauciuc, ebonită sau lemn, fixate pe corpul din oţel, în cazul lichidelor cu suspensii solide (de nisip, noroi).

Supapele îşi încep cursa de deschidere sau închidere numai dacă presiunea, respectiv suprapresiunea din cilindru are o valoare minimă, capabilă să învingă greutatea supapei, forţa arcului şi inerţia.

Supapele axiale pot fi cu disc sau cu bilă.

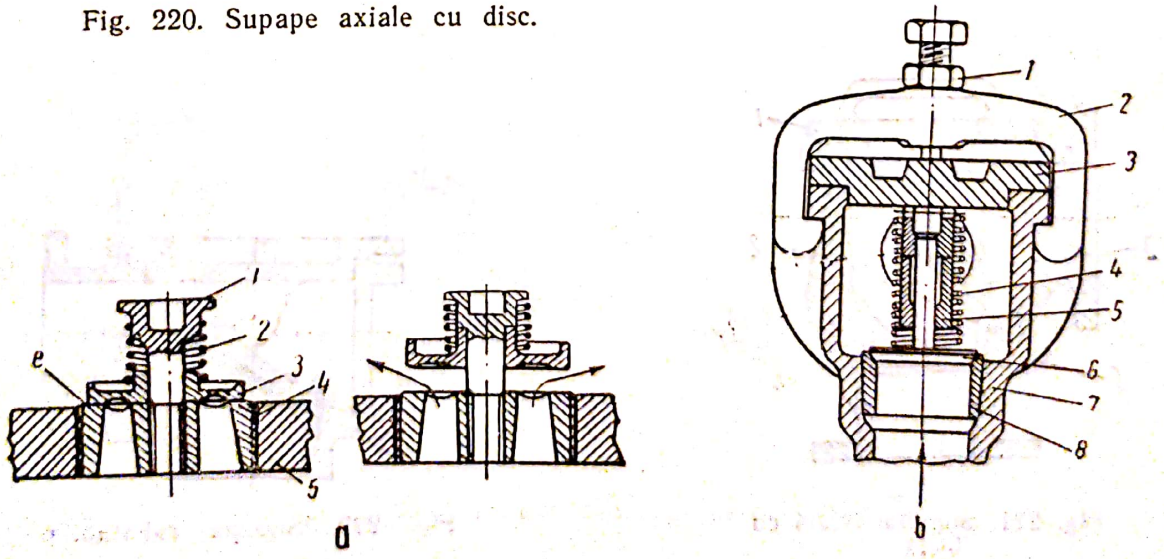
— *Supapa axială disc plană* (fig. 220 *a*) se compune din ghidajul *1*, arcul *2*, ventilul *3* şi scaunul *4* fixat prin filet în corpul *5* al casetei.

Supapa se deschide axial, curentul de lichid îndreptîndu-se de la centru spre periferie, aşa cum arată săgeţile.

Suprafeţele de etanşare *e* sînt plane şi etanşarea se face metal pe metal, fapt care impune ca suprafeţele *e* să fie prelucrate fin (lustruite).

Închiderea este realizată de arcul *2*, care este comprimat între gulerul ghidajului *1* şi ventilul *3*.

Fig. 220. Supape axiale cu disc.



– *Supapa cu disc conică* (fig. 220, *b*) are liniile de curent mai puțin înclinate și prin aceasta rezistențele hidraulice mai mici. Scaunul supapei *8* este presat în corpul *7* al casetei. Ghidajul *5* este format din prelungirea capacului de vizitare *3* și prin el trece tija ventilului *6*. Arcul *4* este comprimat între ventilul *6* și capacul *2*. Talerul *3* este strîns cu piulița *1*.

– *Supapa axială cu bilă* (fig. 221) are scaunul supapei *4* presat în corpul casetei *5*. Bila *2* are cursa cuprinsă între scaunul *4* și capacul *1* este ghidată de trei nervuri *3* ale corpului casetei. Bila este goală la interior și se execută din fontă, ebonită, oțel sau bronz. Scaunul supapei este executat din oțel.

Supapele cu bile se folosesc pentru lichide vîscoase păstoase sau murdare.

Supapele rabatabile cu clapă se deschid printr-o mișcare de rotire în jurul unui ax așezat excentric, de obicei orizontal, sau prin îndoirea garniturii de etanșare prinsă lateral de scaun.

Supapele cu clapa de piele (fig. 222) se folosesc pentru pomparea apei reci. De scaunul *1* al supapei este prinsă cu șuruburi garnitura *4*, prin intermediul platbandei *5*. Clapa supapei este formată dintr-un disc greu de fontă *3*, pe care se montează garnitura *4* de piele, prin nituri. Clapa se deschide prin rotirea în jurul platbandei *5* și cade sub acțiunea greutății proprii. Montarea clapei se face prin capacul *2*.

f. Sorbul

Acesta (fig. 223) are rolul de a filtra lichidele care se aspiră în pompă, pentru a împiedica corpurile străine care se găsesc în rezervoare sau batale de tragere, să ajungă în corpul de pompă și să producă avarii ca : izbirea pistonului, a supapelor, înțepenirea supapelor, uzura cilindrilor etc.

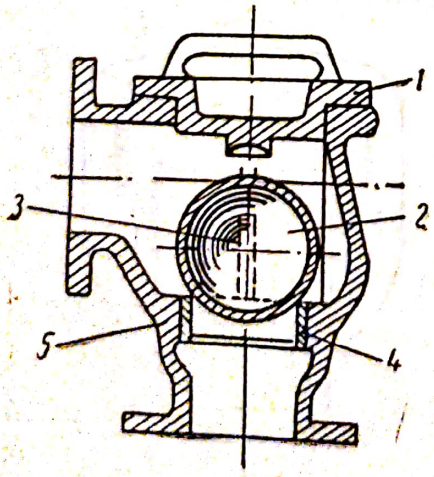


Fig. 221. Supapă axială cu bilă.

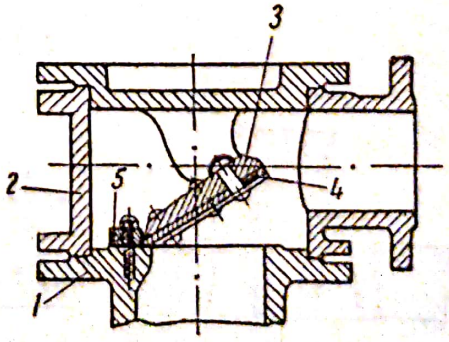


Fig. 222. Supapă rabatabilă.

Sorbul este prevăzut și cu o clapă care are rolul de a menține lichidul în conducta de aspirație cînd pompa se oprește.

Filtrul și supapa de reținere formează sorbul pompei.

Sorbul se execută din fontă turnată sau din tablă de oțel, de cupru sau de alamă.

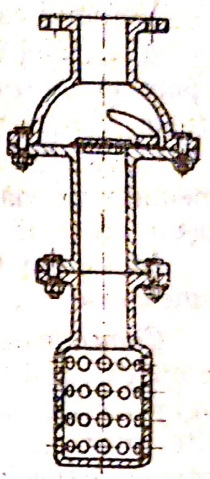


Fig. 223. Sorb.

g. Camerele de aer

Camerele de aer au fost introduse deoarece, variațiile debitului pompei duc la variația vitezei și a presiunii în conductă. În camerele pneumatice se formează o pernă de aer care amortizează pulsațiile pompei. Pernele de aer în conducte sînt necesare, însă trebuie astfel plasate, ca aerul să nu intre în cilindrul corpului de pompă între supapa de aspirație și cea de refulare, căci în acest caz micșorează randamentul pompei.

Camerele de aer de la refulare (fig. 224, *a*) lucrează astfel : În momentul cînd lichidul este refulat de pompă în conductă, presiunea crește și comprimă aerul din camera de aer, o parte din lichid intrînd în camera de aer. Se produce o mișcare a presiunii în conductă cînd presiunea pe conductă scade, energia înmagazinată de aer prin comprimarea sa în camere de aer este cedată lichidului din conductă, astfel încît micșorarea presiunii este redusă.

Pompele prevăzute cu cameră de aer au vibrațiile de presiune mult mai mici decît la pompele fără camere de aer.

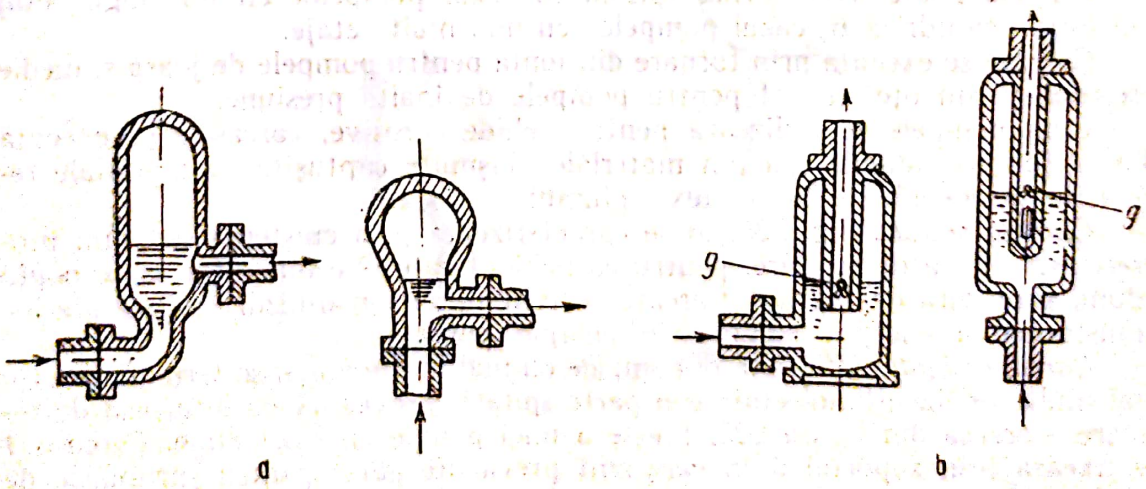


Fig. 224. Camera de aer pentru refulare și aspirație.

Volumul camerelor de aer este de 6 pînă la 8 ori volumul generat de piston.

Avantajul camerelor de aer constă și în faptul că permit o pornire ușoară a pompei și protejează pompa în cazul închiderii bruște a unui ventil sau opririi bruște a motorului.

Camerele de aer se execută din fontă sau oțel turnat și sînt amplasate în imediata vecinătate a corpului de pompă. În cazul lichidelor agresive se căptușesc cu tablă de plumb, de zinc, cu cauciuc, în funcție de natura lichidului.

În timpul funcționării apa absoarbe aer, cu atît mai mult, cu cît presiunea este mai mare. Din această cauză aerul se împrospătează periodic.

Camerele de aer de la aspirație (fig.224, *b*) se montează în amonte de pompă, pe conducta de aspirație. În aceste camere, datorită presiunii scăzute, lichidul degajează aer în mod continuu, care se adună. Aerul degajat poate ieși la anumite intervale în mod brusc, prin capătul devenit liber al conductei și poate provoca astfel lovituri la supape și la pistoane. Pentru evitarea acestui fenomen în țeava de aspirație, la o mică distanță de capătul inferior, sînt date o serie de găuri *g* prin care aerul se evacuează pe măsură ce se degajă.

2. Echipamentul pompelor centrifuge

Piesele principale care compun o pompă centrifugă sînt : carcasa cu organele directoare, rotorul cu arborele, lagărele, presgarniturile și dispozitivele de echilibrare axială.

Carcasa poate avea formă spirală în cazul pompelor cu un singur etaj sau formă cilindrică în cazul pompelor cu mai multe etaje.

Carcasa se execută prin turnare din fontă pentru pompele de joasă și medie presiune și din oțel turnat pentru pompele de înaltă presiune.

Cînd pompele se utilizează pentru lichide corosive, carcasele se execută din oțeluri inoxidabile sau din materiale obișnuite căptușite cu materiale rezistente la mediile corosive, (ex : plumb).

Carcasa spirală (fig. 225, *a*) se caracterizează prin creșterea secțiunii progresiv spre gura de refulare, pentru ca lichidul care iese din rotor să se poată aduna spre gura de vărsare. Carcasa se termină cu un difuzor în care are loc transformarea energiei cinetice în energie potențială.

Carcasa cilindrică folosită la pompele cu mai multe etaje, se termină de cele mai multe ori la ultimul etaj cu o parte spirală, prevăzută cu difuzorul de refulare. Carcasa din figura 225, *b* este a unei pompe cu cinci etaje. Carcasa *1* se fixează prin suportul *5* în care sînt prevăzute găuri pentru șuruburile de fundație. În partea dinspre ultimul etaj, carcasa are o spirală *4* care se termină cu difuzorul *2*. Carcasa este închisă la partea de intrare prin capacul *7*, în care este gura de aspirație *6*, iar la partea de ieșire este închisă prin capacul *3*.

Scanned with OKEN Scanner

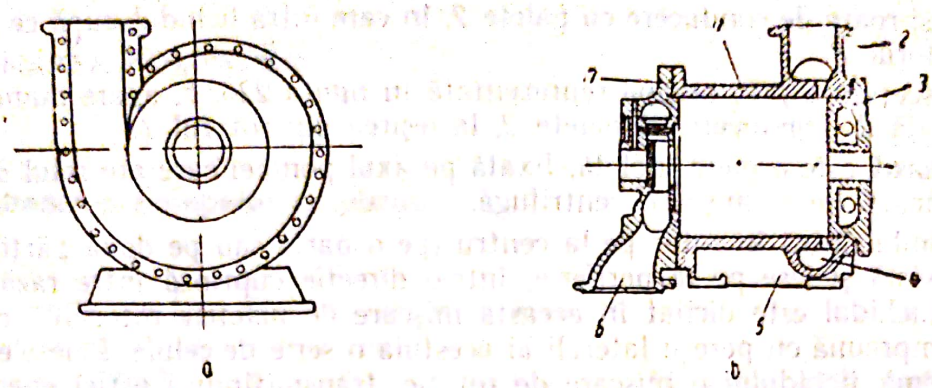


Fig. 225. Carcase :
a — spirală ; *b* — cilindrică.

Carcasele cilindrice pot fi executate și din mai multe elemente, cîte unul pentru fiecare etaj, numite celule și strînse între ele cu cele două capace, prin șuruburi puternice.

Organele directoare sînt fixate în carcasă și au rolul de a dirija într-o direcție convenabilă curentul de lichid la intrarea și ieșirea din rotor, iar în cazul pompelor multietajate și la trecerea de la un etaj la altul.

În figura 226, *a* este reprezentată o porțiune dintr-o pompă, cuprinzînd roata de conducere cu palete *1*, care schimbă direcția lichidului din axială în

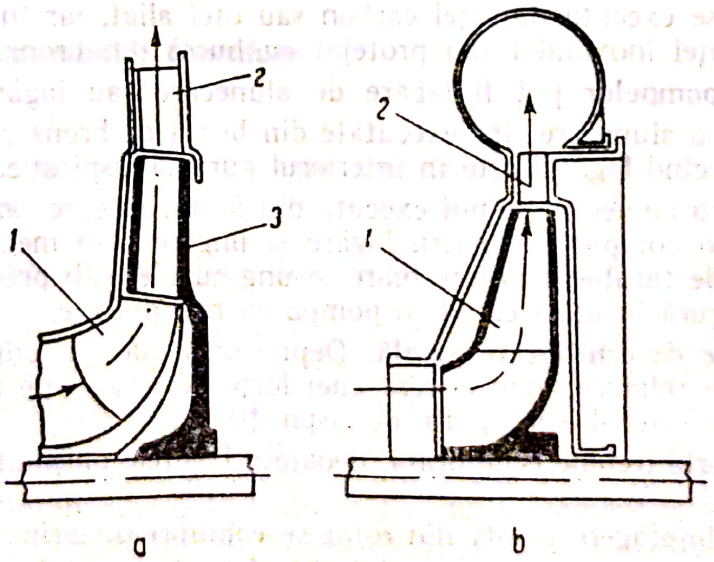


Fig. 226. Pompe centrifuge cu dispozitive de conducere :
a — cu două roți de conducere ; *b* — cu o singură roată de conducere.

radială și roata de conducere cu palete *2*, în care intră lichidul după ce a trecut prin rotorul *3*.

În secțiunea prin pompa reprezentată în figura 226, *b*, apare numai o singură roată de conducere cu palete *2*, la ieșirea din rotorul *1*.

Rotorul este o piesă mobilă, fixată pe axul pompei care are rolul de a imprima lichidului o mișcare centrifugă.

Lichidul intră în rotor pe la centru (pe o parte sau pe două părți), în direcție axială și iese pe la periferie, într-o direcție cuprinsă între rază și tangentă. Lichidul este dirijat în această mișcare de paletele rotorului, care formează împreună cu pereții laterali ai acestuia o serie de celule. Paletele rotorului imprimă lichidului o mișcare de rotație, transmițîndu-i astfel energia primită de la motor prin intermediul arborelui.

Rotorul se execută din fontă, în cazul presiunilor și turațiilor mici, din bronz fosfor pentru valori mijlocii ale presiunilor și turațiilor și din oțel turnat pentru presiuni și turații mari.

Echilibrarea rotorului pompelor de turație mare este obligatorie, deoarece orice repartizare nesimetrică a maselor lui duce la vibrații. Echilibrarea se face static (cu rotorul nemișcat) sau dinamic (cu rotorul în mișcare).

Arborele este organul de transmitere a puterii de la motor la rotorul pompei. Rotorul se fixează pe arbore printr-o pană. Sprijinirea arborelui se face pe două lagăre așezate fie de aceeași parte a rotorului, fie de o parte și de alta a rotorului. La capătul opus rotorului arborele se fixează prin pană, fie de un cuplaj, fie de o șaibă pentru curele.

Arborele se execută din oțel carbon sau oțel aliat, iar în cazul lichidelor corosive din oțel inoxidabil sau protejat cu bucșă din bronz.

Lagărele pompelor pot fi lagăre de alunecare sau lagăre cu rulmenți.

Lagărele cu alunecare sînt executate din bucșă de bronz care se unge prin apa pompată, cînd lagărul este în interiorul gurii de aspirație.

Lagărele cu alunecare se pot executa din fontă, în care caz sînt prevăzute cu cuzinețI din compoziție pentru lagăre și ungere prin inel.

Pompele de turație și putere mare se ung cu ulei sub presiune. Circulația uleiului se asigură în acest caz de o pompă cu roți dințate.

Dispozitive de echilibrare axială. Depresiunea de la gura de aspirație și presiunea de refulare, dau naștere unei forțe de împingere axială, care împinge axul cu rotorul spre gura de aspirație.

Această forță trebuie echilibrată, deoarece lagărele obișnuite nu pot prelua forțele axiale.

Forța de împingere axială din rotor se echilibrează prin:

— practicarea unor găuri în rotor care fac ca să se echilibreze presiunea pe cele două fețe ale rotorului. Se utilizează pentru pompe de presiuni și puteri mici;

— prin crearea unei forțe care să echilibreze forța de împingere;

— prin dispunerea de rotoare simetrice.

Scanned with OKEN Scanner

G. ACȚIONAREA POMPELOR

1. Antrenarea pompelor cu piston

Aceasta se poate face de la mașinile cu abur, motoarele electrice sau motoarele termice prin mai multe feluri :

Antrenarea directă a pompelor cu piston se realizează prin cuplarea pompei la o mașină cu abur, care formează corp comun cu pompa. Se utilizează atît pentru pompe cu simplu efect cît mai ales pentru pompe cu dublu efect.

Antrenarea indirectă prin transmisie. Pompele cu piston pot fi antrenate de orice fel de motor separat : termic, electric sau cu abur, însă necesită o transmisie exterioară și una interioară.

Transmisia exterioară se realizează prin curele late sau trapezoidale, prin lanțuri etc.

Transmisia interioară. Pompele cu piston cu transmisie primesc mișcarea la roata antrenată, de la care printr-o pereche de roți dințate sau uneori direct, o transmit arborelui cotit (manivelei), apoi prin bielă, cap de cruce și tijă, acționează pistonul în mișcarea lui alternativă.

2. Antrenarea pompelor centrifuge

Pompele centrifuge pot fi antrenate prin transmisii indirecte cu curele, cu lanț sau cu roți dințate ca și pompele cu piston, însă cel mai adesea ele sînt antrenate direct prin ax.

Antrenarea pompelor centrifuge în mod frecvent se face cu motoare electrice.

Antrenarea directă prin transmisii se realizează cu sau fără ax intermediar și se compune din următoarele organe : cuplaje, lagăre, ax intermediar, presgarnitura de perete în cazul trecerii arborelui intermediar prin perete.

Cuplajele sînt fixe, mobile și elastice.

Cuplajele fixe se utilizează în cazul în care se poate face montajul pompei și al motorului fixîndu-le apoi gata asamblate pe un postament metalic comun, cu suprafețe de rezemare prelucrate în fabrică și știfturi de centrare care permit remontarea corectă după fiecare demontare.

Cuplajul fix (fig. 227) se compune din două semicuplaje *1* și *2*, asamblate prin șuruburile *3*. Fiecare semicuplaj are butucul *4* (găurit și cu canal de pană pentru fixarea pe axul respectiv), o flanșă *5* cu găuri pentru șuruburi, evitînd astfel accidentele.

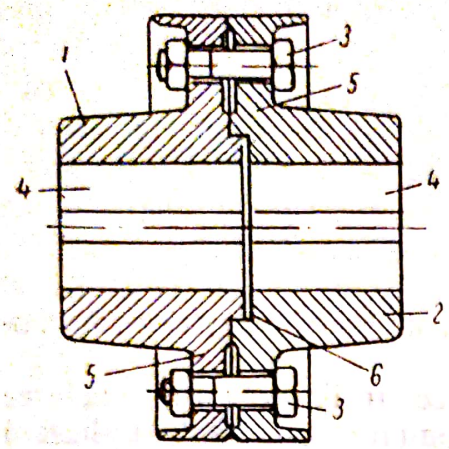


Fig. 227. Cuplaj fix.

Centrarea celor două semicuplaje se face prin pragul circular *6*.

Cuplajele mobile utilizate cînd axele nu se pot centra perfect, asigură o mică mobilitate a pieselor. Cuplajele mobile utilizate în mod curent sînt *cuplajele cu discuri dințate*.

Cuplajele elastice permit centrarea directă a axelor chiar cînd aceasta nu se poate face în mod perfect. Cuplajul elastic cu bolțuri are o largă răspîndire. Semicuplele sînt asemănătoare cu cele de la cuplajele fixe, numai că în locul șuruburilor sînt bolțuri pe care se fixează inele de cauciuc.

Lagărele axului intermediar pot fi:

— *lagăre de alunecare* din fontă sau oțel, prevăzute cu cuzinețti din bronz -căptușiți cu compoziție pentru lagăre;

— *lagăre cu rulmenți* folosite în cazul turațiilor mari (se utilizează rulmenți radiali, deoarece nu apar eforturi axiale).

Axul intermediar are cele două capete prevăzute cu canale de pană, iar prelucrarea în dreptul lagărelor este corespunzătoare alezajului lagărelor.

Motoarele electrice sînt alimentate fie cu curent continuu, fie cu curent alternativ. În industria chimică și în rafinării motoarele electrice folosite la antrenarea pompelor sînt motoare cu curent alternativ.

Motoarele electrice se compun în principiu dintr-un stator bobinat, care cuprinde un număr de poli și un rotor. Turația motorului poate fi 3 000, 1 500, 1 000 și 750 rot/min, după numărul de poli care poate fi 2, 4, 6 sau 8.

Motoarele electrice de curent alternativ pot fi *sincrone* cînd au turația fixă egală cu una din valorile nominale arătate mai sus, sau pot fi *asincrone*, cînd turația lor poate fi mai mică în funcție de sarcină cu 5 pînă la 8%.

Motoarele sincrone deși au un randament mai mare, datorită dificultăților care le prezintă la pornire, nu au utilizare curentă în industria chimică și rafinării.

Pornirea motoarelor asincrone necesită o intensitate a curentului de 4—8 ori mai mare. Această intensitate nu poate fi suportată de transformatorul și rețeaua de alimentare a motorului.

Reducerea intensității curentului de pornire se face prin introducerea unor dispozitive înainte de intrarea curentului în motorul electric. Aceste dispozitive sînt *reostatul de pornire și comutatorul stea-triunghi*.

H. MONTAREA, PROBA, EXPLOATAREA, REVIZIA ŞI REPARAREA POMPELOR

1. Montarea pompelor

a. Montarea pompelor cu piston

Pompele se montează pe fundaţii de beton. Ele se centrează astfel încît axele cilindrilor să fie perfect orizontale, respectiv verticale, după tipul pompei. Această verificare se face cu nivela cu bulă de aer sau cu firul cu plumb. Şuruburile de fundaţie vor fi bine cimentate în fundaţia de beton, astfel ca să nu prezinte joc între şurub şi beton. După aşezarea pompei şi trecerea timpului de priză a cimentului, piuliţele şuruburilor de fundaţie vor fi bine strînse.

În cazul pompelor cu transmisie, trebuie montat pe lîngă pompă şi motorul de antrenare. Montarea se face fie în beton, avînd grijă să se realizeze o bună centrare a motorului în raport cu pompa, fie atît motorul cît şi pompa se montează pe un şasiu comun, centrarea motorului în raport cu pompa fiind realizată de uzina constructoare, iar la montaj se fixează în fundaţie numai şasiul.

Pompele cu piston datorită mersului alternativ al pistoanelor sînt supuse la trepidaţii şi din această cauză toate piuliţele se asigură la montaj cu rondele elastice.

În cazul montării pompelor direct pe fundaţia de beton, trebuie să se respecte următoarele reguli :

- arborele motorului şi arborele transmisiei pompei să fie perfect paralele ;
- roţile de curea ale motorului şi pompei să fie aliniate.

b. Centrarea pompelor centrifuge

La centrarea pompelor centrifuge cuplate direct cu motorul printr-un cuplaj elastic cu bolţuri, se verifică cu rigla, ca axele să fie colineare şi distanţa între cele două semicuple să fie aceeaşi pe toate punctele periferice.

În cazul pompelor folosite pentru lichide inflamabile de la staţiile de pompare pentru benzină, butan lichid, gazolină, motorul se cuplează cu pompa printr-un arbore intermediar, motorul şi pompa fiind montate în încăperi diferite.

În figura 228 este reprezentat montajul unei pompe *1*, acţionată de un motor electric *7*, prin intermediul unui arbore *6*, care trece prin peretele care

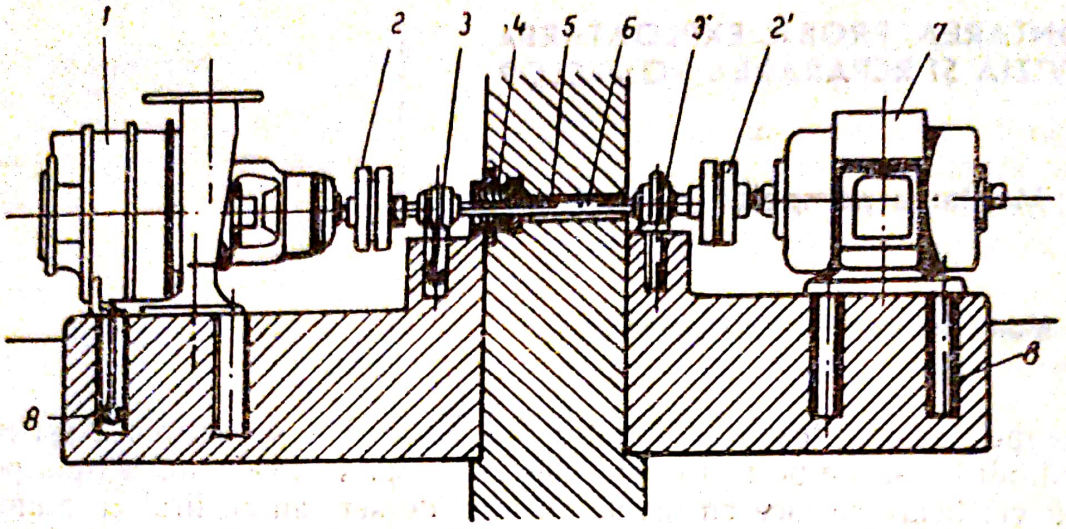


Fig. 228. Instalația unei pompe pentru lichide inflamabile.

desparte cele două încăperi. Arborele *6* se sprijină pe două lagăre *3* și *3'* și la capete se cuplează de pompă, respectiv de motor prin cuplajele elastice *2* și *2*. Arborele *6* străbate peretele prin țeava *5* și presgarnitura *4*.

La montare se urmărește obținerea unei alinieri perfecte a arborelui motorului cu arborele intermediar și cu cel al pompei, atît în plan orizontal cît și în plan vertical. Ordinea de montare este următoarea: se așază mașinile pe fundație, se trece arborele *6* prin țeava de trecere *5*, se montează lagărele *3* și *3'* și presgarnitura *4*; se trece la centrarea fiecărui cuplaj. Pe plan vertical centrarea se realizează prin montarea de adaosuri sub tălpile pompei *1*, a motorului *7* și a lagărelor *3*. Pe plan orizontal centrarea se realizează prin deplasarea pompei sau a motorului.

După realizarea centrării se cimentează șuruburile de fundație *8*. Verificarea centrării se face printr-o încercare la funcționarea în gol și apoi în sarcină, controlîndu-se încălzirea lagărelor și a presgarniturii de perete. În cazul cînd temperatura lagărelor depășește 60° C, centrarea se reface.

c. Montarea conductelor la pompe

Conductele de aspirație tubulare trebuie astfel montate încît să fie perfect etanșe la pătrunderea aerului din exterior și să nu prezinte pungi de aer. După montare conductele se încearcă la presiune. Conductele vor fi astfel montate încît să nu se permită crearea de pungi cu aer (fig. 229). Sprijinirea conductelor se va face pe suporturi proprii, evitînd ca pompa să suporte și greutatea conductelor.

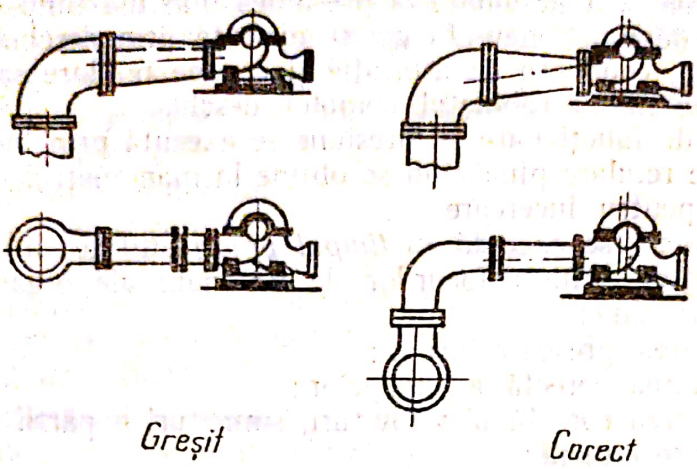


Fig. 229. Montarea conductelor de aspirație

2. Proba sau încercarea pompelor

Pompele se supun următoarelor încercări după montare și înainte de punerea în exploatare:

– încercarea la presiune;
– încercarea de funcționare în gol și în sarcină.

Încercarea la presiune se efectuează după ce în prealabil s-au blindat toate capacele pompelor, la presiunea indicată în normele pompelor. Presiunea se realizează cu o pompă de presiune acționată manual. Legătura conductei de presiune se face la unul din orificiile de scurgere ale corpului de pompă. La presiunea de probă se menține 15 min. și se verifică ca să nu apară scurgeri la nici una din piesele pompei.

Încercarea de funcționare se precede de *verificarea amănunțită a pompei* și anume:

– se suflă cu aer pompa pentru îndepărtarea impurităților și a corpurilor străine;
– se verifică dacă pompele cu piston se pot mișca ușor cu mîna efectuînd cursa întreagă, iar la cele centrifuge dacă arborele cu rotorul se rotește ușor;
– se suflă cu aer canalele de ungere;
– se umplu cu unsoare dispozitivele de ungere.

Încercarea de funcționare constă din:

– încercarea de funcționare cu apă în gol timp de 3 h;
– încercarea de funcționare la presiunea corespunzătoare la 3/4 din puterea nominală a pompei timp de 3 h;

– încercarea de funcționare la presiunea maximă timp de 5 min.

Încercarea de funcționare în gol se execută prin deschiderea robinetului de legătură între conducta de aspirație și cea de refulare sau prin refularea direct în atmosferă cu robinetul complet deschis.

Încercarea de funcționare cu presiune se execută prin închiderea parțială a robinetului de refulare pînă cînd se obține la manometrul de refulare presiunea necesară pentru încercare.

Verificările care se execută în *timpul probei* sînt următoarele:

– etanșeitatea tuturor locurilor de îmbinare ale organelor pompei ce lucrează sub presiune;

– etanșeitatea presgarniturilor;

– funcționarea corectă a supapelor;

– funcționarea corectă fără lovituri, smucituri a părții de abur a pompelor cu acționare directă;

– funcționarea fără bătăi, zgomot sau trepidații în cazul pompelor centrifuge;

– funcționarea corectă fără trepidații a transmisiilor;

– funcționarea corectă a sistemului de ungere.

În timpul funcționării de încercare se măsoară debitul, presiunea, turația și puterea motorului de antrenare și se calculează randamentul.

3. Exploatarea și întreținerea pompelor

Durata de funcționare a pompelor depinde de exploatarea rațională și întreținerea lor în bune condiții.

Pornirea pompelor se face după ce conducta de aspirație se umple cu lichid. Pompele se prevăd cu dispozitive de umplere a conductei de aspirație și de evacuare a aerului, în vederea unei porniri ușoare. Conducta de aspirație și corpul pompei se pot umple cu lichid prin deschiderea robinetului de legătură cu conducta de refulare. Pompele mai sînt prevăzute și cu supapă de aerisire, montată în punctul cel mai înalt al corpului de pompă, sub supapa de refulare, prin care se scoate aerul înainte de pornire.

Înainte de pornirea pompei se vor lua următoarele măsuri:

– se verifică strîngerea șuruburilor de fundație, a presgarniturilor, a șuruburilor capacelor;

– se verifică dacă piesele în mișcare nu sînt slăbite;

– se verifică dispozitivele de ungere și se adaugă unsoarea necesară;

– se verifică ca pompa să fie curată, tija pistoanelor se curățată în mod special;

– se verifică dacă pompa nu necesită umplerea cu lichid.

Funcționarea pompelor cu piston. Pompele cu piston acționate cu motoare electrice sau termice au turația constantă și funcționarea lor este rigidă, neelastică. Prin închiderea robinetului de refulare, presiunea în pompă crește

Scanned with OKEN Scanner

brusc și există pericolul de spargere a corpului de pompă sau a instalației la partea de refulare. Pentru evitarea acestui fel de accidente, se prevede pe conducta de refulare a pompei o supapă de siguranță care asigură eliminarea suprapresiunilor care s-ar produce.

Reglarea debitului pompelor cu piston. La pompele cu piston variația debitului se poate obține prin:

- variația turației motorului;
- variația cursei pistonului;
- variația rezistenței hidraulice în conducta de refulare.

Reglarea debitului pompelor centrifuge. În cazul cînd trebuie să se modifice debitul pompei, se modifică turația pompei, dar cel mai adesea se strangulează robinetul de refulare.

Pompa funcționează în condiții optime la debitul maxim. Prin strangularea organului de închidere de la refulare, se introduce în conducta de refulare o rezistență suplimentară. Se ajunge astfel la un debit mai mic să se consume aceeași energie a pompei.

Robinetul de refulare nu trebuie închis complet deoarece apa din pompă se încălzește puternic.

Funcționarea în paralel sau în serie. În exploatare uneori este necesară obținerea unui debit mai mare decît cel pe care îl poate asigura o pompă. În acest caz se leagă în paralel mai multe pompe. Debitul total va fi egal cu suma debitelor tuturor pompelor, iar presiunea de refulare este egală cu presiunea fiecărei pompe.

Cînd este necesară o presiune mai mare, pompele se montează în serie. Presiunea totală este egală în acest caz cu suma presiunilor, iar debitul cu cel al unei singure pompe. Dacă înălțimea de refulare a unei pompe (cu piston) nu este suficientă pentru a învinge rezistențele hidraulice ale unei conducte, se montează mai multe pompe pe traseul conductei. O pompă va asigura împingerea lichidului pe lungimea unui tronson de conductă și apoi este aspirat de o altă pompă și refulat mai departe. La capătul conductei lichidul va fi depozitat într-un rezervor.

Oprirea pompelor pentru efectuarea de reparații la supape sau presgarnituri se realizează prin închiderea robinetului de la conducta de refulare, astfel că aceasta rămîne plină cu lichid. Conducta de aspirație pierde lichidul în caz că nu este prevăzută cu supapă de reținere la capătul de jos.

Cînd trebuie ca fără a opri pompa să nu mai refuleze lichid, se prevede o conductă de legătură între partea de aspirație și cea de refulare. Se deschide robinetul de pe această conductă și pompa în loc să refuleze lichidul în conducta de refulare, îl împinge înapoi în conducta de aspirație.

La pompele cu piston prevăzute cu supapă de aerisire, se deschide supapa și pompa aspiră și refulează aer prin supapa de aerisire, pomparea lichidului fiind astfel întreruptă.

La pompele centrifuge oprirea se face prin închiderea treptată a robinetului de refulare după care se oprește motorul de antrenare.

Scanned with OKEN Scanner

În caz de oprire mai îndelungată a pompelor, în special iarna, se scoate apa din pompă pentru a evita înghețarea.

La oprirea pompelor se închid conductele de legătură a pompei și se înlătură defectele ivite în timpul funcționării.

Cînd se fac opriri mai îndelungate, pompele vor fi controlate și se vor înlocui piesele uzate ca :

- garniturile presgarniturilor ;
- garniturile și arcurile supapelor ;
- garniturile sau segmenții pistoanelor ;
- filtrele vor fi curățite sau înlocuite.

Se vor verifica de asemenea dispozitivele de ungere.

Supravegherea funcționării pompelor trebuie făcute continuu, verificîndu-se depresiunea la aspirație, presiunea la refulare, temperatura lagărelor, a apei de răcire, puterea absorbită din rețea.

Cînd se citesc indicații anormale se caută cauzele care le-au produs și se remediază imediat.

Se controlează periodic etanșeitatea presgarniturilor, funcționarea fără bătăi, zgomote sau trepidații anormale.

4. Revizia și repararea pompelor

În timpul funcționării pompelor datorită frecării, coroziunii și abraziunii lichidelor pompate, apar uzuri normale. Aceasta înseamnă că anumite organe ale pompelor se uzează și după un timp de funcționare trebuie înlocuite.

a. Uzurile normale, anormale și avariile la pompele cu piston

Uzurile normale. Organele pompelor cu piston care se uzează în timpul funcționării sînt : garniturile de etanșare de la tija pistonului, garniturile de etanșare de la pistoane și supape, tijele pistoanelor, cilindrii sau numai cămășile cilindrilor, scaunele de supapă, ventilele supapelor, arcurile și pistoanele.

Înlocuirea pieselor uzate se face cu piese de rezervă din stoc sau cu piese de schimb, aprovizionarea făcîndu-se dinainte pe bază de experiență.

Înlocuirea pieselor uzate se face astfel :

— garniturile, presgarniturile, se înlocuiesc cînd se constată că nu se mai pot strînge capacele presgarniturilor sau cînd strîngerea lor a devenit fără efect ;

Scanned with OKEN Scanner

– garniturile pistoanelor și supapelor se înlocuiesc cînd se constată o scădere de debit sau de presiune la pompă ;

– tijele pistoanelor se înlocuiesc cînd prin măsurători se constată că au depășit uzura admisă de uzina constructoare ;

– cămășile cilindrilor se înlocuiesc cînd se constată că nu se mai obține etanșitatea chiar cu garnituri noi ;

– scaunele de supapă se înlocuiesc cînd se constată că în urma uzurii lor, supapele nu mai etanșează chiar cu garnituri noi ;

– arcurile supapelor se schimbă cînd se constată că supapele nu se mai închid bine sau se închid cu întîrziere.

Uzurile anormale apar datorită lipsei de supraveghere sau a unei rele întreținer. Ele duc la consumul mărit de piese de schimb.

La pompe pot apare *lovituri de berbec*, care se datorează opririi bruște a unui curent de lichid prin închiderea greșită a unui robinet. Loviturile de berbec produc șocuri asupra pompei, lovituri care dau naștere la uzuri anormale.

Avariile unei pompe se produc ca urmare a unui accident și constau din :

– deformarea tijei pistonului ;
– deformarea sau ruperea unei biele ;
– deformarea sau ruperea arborelui cotit ;
– griparea unui cilindru ;
– griparea unui cap de cruce ;
– griparea unui rulment ;
– topirea unui lagăr ;
– spargerea unui piston, a unui capac sau a corpului de pompă etc.

Dintre cauzele care pot genera avarii se deosebesc :

– slăbirea unor șuruburi sau a unor piese ;
– lipsa de ungere ;
– slăbirea unor capace de lagăre ;
– loviturile de berbec ;
– depășirea presiunii prescrise a pompei ;
– înghețarea lichidului în pompă ;
– montarea greșită după o reparație.

b. Uzurile normale, anormale și avariile la pompele centrifuge

Uzuri normale. Piesele pompelor centrifuge supuse uzurii sînt : garniturile de etanșare, bucșele sau rulmenții lagărelor și arborii. Lichidele abrazive sau agresive uzează paletele rotorului și ale dispozitivelor de conducere și chiar carcasa și coturile pompei.

Uzurile anormale pot fi provcate de coroziune și de fenomenul de cavitație.

Coroziunea are loc la pompele care vehiculează lichide corosive sau lichide impure. Locurile în care coroziunea are efectul cel mai mare sînt cele în care se produc vîrtejuri sau devieri bruște a curenților de lichid și unde are loc o scădere de presiune.

Vîrtejurile apar în interiorul pompei datorită funcționării cu sarcină redusă.

Scăderile de presiune apar la dispozitivul de egalizare a presiunii, la trecerea aerului.

Cavitația este degajarea de vapori de lichid sau gaze care se separă din lichid în corpul pompei în punctele unde presiunea scade dintr-un motiv oarecare. Cavitația se produce de obicei în canalele rotorului și conducta de aspirație în cazul înălțimilor mari de aspirație, a presiunii atmosferice scăzute, a temperaturii înalte a lichidului pompat, a măririi vitezei lichidului etc.

Cavitația are efecte de uzură anormală, deoarece este însoțită de acțiunea chimică a gazelor în special de o acțiune de izbire a pereților.

Cavitația duce la scăderea apreciabilă a randamentului pompei și este însoțită de zgomote caracteristice, care devin bătăi și șocuri puternice. Acest fenoment poate duce la distrugerea pompei în cîteva ore. Cavitația are acțiune de distrugere în special asupra rotorului și a organelor de conducere.

Avarii grave care pot apare la pompele centrifuge în timpul exploatării sînt :

– ruperea unei palete a rotorului. Această rupere provoacă dezechilibrarea rotorului și dacă pompa nu este oprită se poate ajunge la ruperea arborului și a carcasei ;

– spargerea pompei în urma unei lovituri de berbec ; lovitura de berbec se produce nu numai la închiderea bruscă a unui robinet dar și la oprirea din mers în mod brusc a motorului electric ;

– griparea unui lagăr ; se produce datorită încălzirii exagerate din lipsă de ungere.

c. Reviziile

Reviziile pompelor se execută periodic în scopul de a constata starea pompei. Reviziile constau din operații de demontare, control, reparații curente și înlocuiri de garnituri și piese de uzură normală.

Reviziile pompelor se execută în stația de pompe atît în perioada reviziilor instalației tehnologice din care fac parte, cît și la intervale mai scurte pe baza indicațiilor uzinei constructoare.

Scanned with OKEN Scanner

d. Reparațiile medii ale pompelor cu piston

Constau din reparații și înlocuiri de piese mobile care prezintă uzuri anormale, deformări ca : scaunele de supape, glisierele, lagărele etc. Ele se execută în ateliere de întreținere ale întreprinderilor respective (și uneori chiar în stația de pompe cînd se dispune de sculele și piesele necesare).

e. Reparațiile capitale

Reparațiile capitale ale pompelor cu piston se execută pentru repararea sau înlocuirea pieselor importante ale pompelor cum sînt : corpul de pompă, batiul, casetele de supape etc. sau pentru înlăturarea avariilor.

Reaparațiile capitale se execută de către întreprinderi sau ateliere specializate.

f. Repararea diferitelor piese ale pompelor cu piston

Tijele de piston se rectifică la exterior și în cazul cînd se ajunge la un diametru prea mic se încarcă prin metalizare sau cromare.

Corpurile de pompă care au crăpături sau eroziuni se încarcă prin sudură. Corpurile din fontă se încarcă oxiacetilenic după o preîncălzire la circa 750° C, iar cele din oțel turnat, electric cu electrozi corespunzători fără preîncălzire.

După încărcare, suprafețe de lucru și de asamblare se prelucrează prin așchiere.

Supapele. Ventilele supapelor se încarcă prin sudură și apoi se prelucrează mecanic. Scaunele de supape se extrag și se înlocuiesc cu altele noi. Arcurile moi ale supapelor se recondiționează prin călire însă după recondiționare trebuie neapărat controlate cu aparate de laborator pentru a se măsura forța elastică și săgeata.

Glisierele uzate datorită frecării se recondiționează prin strunjire, iar patinele capetelor de cruce se înlocuiesc cu altele mai groase. Patinele se ajustează prin tușare.

Bielele rupte, cu capace crăpate sau șuruburi deteriorate, se înlocuiesc. Lagărele bielelor uzate, topite, gripate sau oxidate se toarnă din nou. Se topește compoziția veche, se curăță suprafața lagărului, se spoiește cu un strat de cositor și apoi se toarnă compoziția nouă.

Arborele cotit care are fusurile uzate se rectifică pe mașini de rectificat speciale. În cazul unor uzuri importante ale fusurilor, acestea se încarcă prin cromare.

Lagărele arborilor se recondiționează prin turnare din nou și prelucrare ca și la bielă.

g. Repararea diferitelor piese ale pompelor centrifuge

Carcasele de fontă crăpate sau sparte se sudează oxiacetilenic la cald, iar cele din oţel prin sudare electrică la rece. Se strunjesc şi se prelucrează din nou găurile astupate cu sudură.

Arborii uzaţi au rizuri circulare şi se recondiţionează prin rectificare, metalizare, cromare. Nu este admisă repararea prin sudare a axelor, deoarece pot apare eforturi concentrate care duc la ruperea fragilă a arborilor, putînd provoca accidente grave.

Rulmenţii uzaţi se înlocuiesc cu alţii noi.

Lagărele de compoziţie uzate, topite se toarnă din nou.

Rotoarele pompelor şi dispozitivele de întoarcere deteriorate prin ruperi de palete, coroziune, eroziune, cavităţi, se înlocuiesc, nu se repară.

Echilibrarea rotoarelor se execută după orice reparaţie la arbore, sau după înlocuirea rotorului. Se face o *echilibrare statică* care constă din :

– aşezarea rotorului cu capetele arborelui pe două prisme, în poziţie orizontală ;

– determinarea poziţiei centrului de greutate al rotorului, mişcînd rotorul pe două prisme de cîteva ori şi însemnînd prin punctul *A* (pe verticală în partea de jos) (fig. 230, *a*) ;

– aşezarea rotorului cu punctul *A* pe orizontală (fig. 230, *b*) ;

– rotirea rotorului sub acţiunea forţelor lui excentrice şi măsurarea înălţimii *h* maxime la care ajunge punctul *A* (fig. 230 *c*) ;

– lipirea pe rotor simetric faţă de *A* a unei bucăţi de chit (în punctul *B*) ;

– aşezarea ca în figura 230, *d* şi modificarea cantităţii de chit pînă cînd rotorul plecînd în poziţia arătată în figura 230 *d*, ajunge cu punctul *B* la o înălţime *h* (fig. 230, *e*) egală cu cea măsurată în cazul figurii 230, *c*.

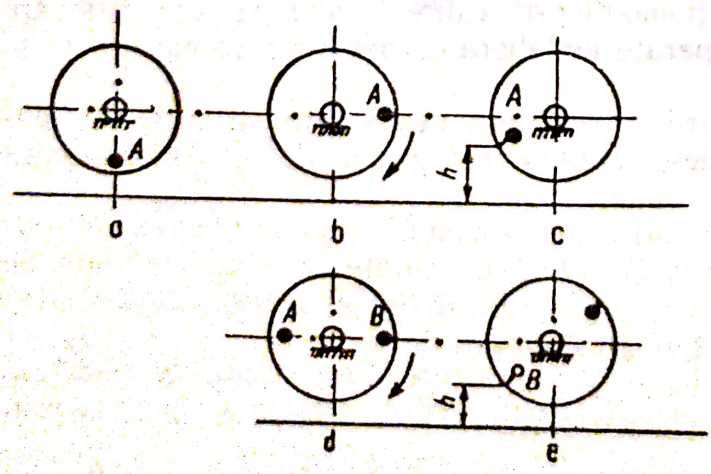


Fig. 230. Echilibrarea rotoarelor

– îndepărtarea din punctul *A* al rotorului a unei cantităţi de material egală cu jumătate din greutatea chitului.

Echilibrarea dinamică este mai eficientă şi se execută pe bancuri de probă speciale, sau cu un aparat electric portativ.

I. NORME TEHNICE DE PROTECŢIA MUNCII

Sursele principale de accidente la pompe sînt :
– părţile aflate în mişcare ;
– părţile aflate sub presiune ;
– părţile aflate la temperaturi ridicate ;
– substanţele nocive ;
– părţile aflate sub tensiune.

1. Măsuri de protecţie la piesele aflate în mişcare

Piesele aflate în mişcare prezintă pericolul de a prinde părţi ale corpului pe care le ating (membrele, părul), a le zdrobi sau de a apuca întregul corp între ele.

Ca măsuri pentru evitarea acestui fel de accidente, toate părţile în mişcare ale pompelor, în special transmisiile vor fi protejate cu apărătoare, care să împiedice atingerea lor de către operatori.

Muncitorii trebuie să aibă îmbrăcămintea strînsă pe corp, lipsită de cordoane, fulare sau alte accesorii care ar putea fi apucate de organele în mişcare ale instalaţiilor.

Operaţiile de reparaţie, reglare şi ungere a organelor în mişcare se vor face numai cînd organele respective se află în stare de repaus.

2. Măsuri de protecţie a părţilor aflate sub presiune

Corpurile de pompă şi conductele aflate sub presiune, prezintă pericolul ca în cazul depăşirii presiunii admise să explodeze.

Pentru evitarea acestui pericol trebuie respectate următoarele reguli :
– toate părţile instalaţiei aflate sub presiune nu vor fi folosite la o presiune mai mare decît presiunea nominală ;
– instalaţia aflată sub presiune va fi dotată cu supapă de siguranţă ;

Scanned with OKEN Scanner

— instalaţia sub presiune va fi dată în exploatare numai după executarea probei de presiune şi etanşeitate;
— aceste instalaţii vor fi prevăzute cu manometre avînd marcate cu roşu presiunea nominală;
— nu se admit reparaţii prin sudură sau batere cu ciocanul.

3. Măsuri de protecţie la părţile pompei aflate la temperaturi ridicate

Pompele care au părţi ce lucrează la temperaturi ridicate, prezintă pericolul provocării de arsuri prin atingere sau provocări de incendii la atingerea lor cu substanţe inflamabile.

Reguli ce trebuie respectate pentru evitarea acestui fel de accidente:
— părţile pompei şi conductele aflate la temperaturi ridicate, vor fi izolate termic;
— aceste instalaţii vor fi prevăzute cu termometre;
— este interzisă uscarea hainelor, pe părţile instalaţiei aflate la temperaturi ridicate.

4. Măsuri de protecţie în cazul pompării lichidelor nocive

Lichidele nocive dacă scapă prin neetanşeităţile garniturilor, pot provoca leziuni căilor respiratorii în caz de inspirare a lor, sau otrăviri, intoxicări etc.

Pentru evitatea acestor pericole trebuie ca:
— personalul care deserveşte instalaţia de pompare a lichidelor nocive, să poarte echipament corespunzător, îmbrăcăminte de cauciuc, cizme, ochelari, măşti;
— este interzis în incinta instalaţiilor de pompare cu substanţe nocive, fumatul şi consumul de alimente;
— la ieşirea din serviciu este obligatorie spălarea pe mîini şi faţă cu săpun.

5. Măsuri de protecţie la părţile aflate sub tensiune

Lucrările de reparaţie, întreţinere şi reglare a instalaţiilor electrice se vor face numai de către persoanele însărcinate cu aceasta.

Manevrarea aparatelor de pornire, de reglare a vitezei şi oprire a motoarelor electrice este interzisă fără folosirea podeţelor izolate.

Este interzisă stropirea instalațiilor electrice cu apă sau alte lichide.

Instalațiile electrice vor fi protejate de partea hidraulică a pompelor și conductelor.

6. Norme generale de tehnică a securității muncii

La intrarea în serviciu trebuie controlate toate robinetele, prin manevrarea lor scurtă, pentru a se constata dacă nu sînt defecte sau înțepenite.

Predarea și preluarea serviciului se face direct, nu prin intermediari, semnalîndu-se toate deficiențele observate și neremediate.

Exercițiul nr. 1

O pompă cu debitul $Q=180$ *l*/min de apă, este antrenată de un motor de 10 CP. Cunoscînd randamentul total al pompei $\eta_t=0,7$ și randamentul volumetric $\eta_v=0,9$, să se calculeze înălțimea de pompare H și debitul teoretic al pompei $Q_{t.or}$.

Rezolvare

Debitul în m³/s este:

$$Q=180\,\frac{l}{\text{min}}\cdot\frac{1}{60}\cdot\frac{\text{min}}{s}\cdot\frac{1}{1\,000}\cdot\frac{\text{m}^3}{l}=0,003\,\frac{\text{m}^3}{s}$$

Randamentul teoretic este:

$$\eta_t=\frac{P}{P_a}$$

deci $P=P_a\cdot\eta_t=10\cdot0,7$ C.P.,

puterea efectivă

$$P=7\text{ CP}\cdot75\,\frac{\text{kgfm}}{s}/\text{CP}=525\text{ kgfm/s}$$

$$P=\gamma\cdot Q\cdot H_o\quad[\text{kgfm/s}]$$

$\gamma=1$ kgf/dm³, greutatea specifică a apei

$$H_o=\frac{P}{\gamma\cdot Q}=\frac{525}{1\,000\cdot0,003}=175\text{ m}$$

Debitul teoretic al pompei se obține din relația:

$$\eta_v=\frac{Q}{Q_{teor}}$$

$$Q_{t.or}=\frac{Q}{\eta_v}=\frac{180}{0,9}=200\ l/\text{min}$$

Exercițiul nr. 2

Să se calculeze puterea de antrenare în kilowați a unei pompe centrifuge cu 4 etaje care are înălțimea totală de refulare $H_o=405$ m, debitul $Q=40$ m³/*h* și randamentul $\eta=0,5$.

Scanned with OKEN Scanner

Rezolvare
Puterea de antrenare P_a se calculează cu formula 195:

$$P_a = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_v}{102\,\eta_t} \quad [kW]$$

Debitul pompei este:

$$Q = \frac{40 \times 1\,000}{3\,600} = 11 \text{ kgf/s}$$

$$P_a = \frac{1 \cdot 11 \cdot 405}{102 \cdot 0{,}5} = 87{,}35 \text{ kW}$$

Exercițiul nr. 3
O pompă cu lamele are următoarele caracteristici:
— numărul de lamele $Z=4$;
— diametrul carcasei $D=100$ mm;
— excentricitatea rotorului $e=25$ mm;
— lungimea rotorului $b=40$ mm;
— grosimea paletelor $\delta=5$ mm;
— turația $n=1\,000$ rot/min;
— randamentul volumetric $\eta_v=0{,}85$.
Să se calculeze debitul pompei.
Rezolvare
Se calculează debitul cu formula 197:

$$Q=2 \cdot e \cdot b \cdot n \cdot (\pi \cdot D - \delta \cdot z)\ \eta_v$$

Înlocuind datele se obține:

$$Q=2 \cdot 0{,}025 \cdot 0{,}040 \cdot \frac{1\,000}{60} (\pi \cdot 0{,}100 - 0{,}005 \cdot 4) 0{,}85 = 0{,}00833 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$Q=500 \text{ l/min}.$$

Întrebări recapitulative

1. Cum se clasifică pompele?
2. Care sînt caracteristicile pompelor cu piston?
3. Care este randamentul pompei cu piston și între ce limite variază?
4. Ce tipuri constructive de pompe cu piston cunoașteți și prin ce se caracterizează ele?
5. Ce tipuri de pompe cu piston se folosesc în industria chimică și rafinării?
6. Care este principiul de funcționare al pompelor centrifuge?
7. Ce tipuri de pompe centrifuge se utilizează în industria chimică și rafinării?

Scanned with OKEN Scanner

8. Ce tipuri de pompe rotative cunoașteți ? Cum funcționează ele ?
9. Ce dispozitive fără elemente mobile cunoașteți ? Ce utilizări au ?
10. Care sînt organele comune pompelor cu piston ? De cîte tipuri sînt ? Ce materiale se folosesc pentru construcția lor ?
11. Care sînt părțile componente ale pompelor centrifuge ? De cîte feluri sînt ? Din ce materiale se execută ?
12. Cum se face acționarea pompelor cu piston ? Dar a pompelor centrifuge ?
13. Cum se face montarea pompelor cu piston ?
14. Cum se centrează pompele centrifuge ?
15. Ce încercări se fac după montarea pompelor înainte de intrarea lor în exploatare ?
16. Care sînt regulile de exploatare ale pompelor ?
17. Care sînt uzurile normale ale pompelor cu piston ?
18. Care sînt avariile mai frecvente ale pompelor cu piston ?
19. Care sînt cauzele care produc uzuri anormale la pompele centrifuge ?
20. Cum se recondiționează diferitele piese ale pompelor cu piston ? Dar ale pompelor centrifuge ?
21. Cum se echilibrează static rotoarele pompelor centrifuge ?
22. Care sînt sursele principale de accidente la pompe ?
23. Ce măsuri de protecție trebuie respectate pentru a fi evitate accidentele ?

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul X COMPRESOARE

A. GENERALITĂȚI — CLASIFICARE

1. Generalități

Compresoarele sînt mașini care se folosesc pentru transportul gazelor pe conducte, în diferite instalații.

Multe instalații tehnologice din industria chimică și rafinării lucrează cu vid sau gaze comprimate.

Vidul sau gazele rarefiate favorizează operațiile de evaporare, filtrare, cristalizare etc.

Gazele comprimate la presiune joasă ca aerul, gazele inerte, azotul sau amestecurile de azot, bioxidul de carbon, se utilizează în procese tehnologice care au loc în reactoare, coloane de adsorbție, pentru amestecare și filtrare etc.

Gazele comprimate la presiuni înalte sînt utilizate în industria metanolului, polietilenei, la sinteza amoniacului etc.

Transportul gazelor atît în interiorul uzinelor cît și la distanțe mari se realizează cu ajutorul utilajelor de pompare a gazelor care împing gazele în conducte sau le scot din acestea.

Transportul gazelor se bazează pe proprietatea lor de a fi comprimate sau rarefiate.

2. Clasificarea compresoarelor

Mașinile pentru comprimarea sau rarefierea gazelor se clasifică *după presiunea* pe care o realizează în :

— *compresoare* care se folosesc pentru comprimarea gazelor la presiuni cuprinse între 2 și 300 kgf/cm²;

— *turbosuflante* folosite pentru presiuni cuprinse între 0,1 și 2 kgf/cm²;

— *ventilatoare* care comprimă gazele la presiuni cu valori pînă la 0,1 kgf/cm²;

Scanned with OKEN Scanner

– *pompe de vid* care rarefiază gazele la presiuni mai mici decît presiunea atmosferică – deci realizează depresiuni sau vid pînă la 95 și chiar 98%.

După principiul de funcționare, compresoarele se clasifică în:

– *compresoare cu piston* care au o construcție asemănătoare cu a pompelor cu piston;

– *compresoare rotative*, care realizează aspirația, comprimarea și refularea gazelor cu ajutorul unor elemente mobile.

– *compresoare centrifuge* care din punct de vedere constructiv sînt asemănătoare pompelor centrifuge, avînd însă rotorul de o formă mult diferită. Compresoarele centrifuge se împart la rîndul lor după presiunea pe care o realizează în:

– *turbocompresoare* folosite pentru presiuni pînă la 12 kgf/cm²;

– *turbosuflante* folosite pentru presiuni de 0,1–3 kgf/cm²;

– *ventilatoare* utilizate pentru presiuni pînă la 0,1 kgf/cm².

– *pompe de vid*, cu piston sau rotative care pot realiza un vid pînă la 98%.

B. COMPRESOARE CU PISTON

1. Principiul de funcționare

Principiul de funcționare și construcția compresoarelor cu piston sînt asemănătoare pompelor cu piston.

Pistonul *1* (fig. 231) are o mișcare rectilinie alternativă în cilindrul *2*, prevăzut cu manta cu răcire cu apă sau cu nervuri pentru răcire cu aer. În capul cilindrului sînt montate supapele de aspirație *3*, supapa de refulare *4* și presgarnitura *5*, prin care culisează tija pistonului.

La cursa de aspirație prin deplasarea pistonului din poziția *A* în poziția *B*, supapa *3* se deschide și gazul pătrunde în cilindrul *2*; în acest timp supapa de refulare *4* este închisă.

La cursa de întoarcere a pistonului de la *B* la *A*, supapa de aspirație se închide și gazul este comprimat pînă cînd presiunea din cilindru ajunge la presiunea de refulare (în punctul *C*). În acel moment se deschide supapa de refulare *4* și la deplasarea în continuare a pistonului din *C* în *A*, presiunea în cilindru rămîne constantă.

Prin comprimare și destinderea gazului se produce o modificare în starea lui, se modifică volumul, presiunea și temperatura.

În timpul comprimării, volumul gazului se micșorează, iar presiunea și temperatura cresc. În timpul destinderii, volumul se mărește, iar presiunea

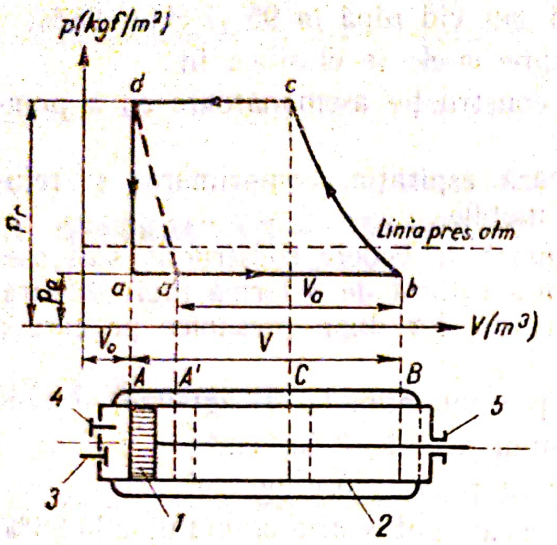


Fig. 231. Principiul de funcționare și diagrama teoretică a compresorului cu piston.

și temperatura se micșorează. Cînd pistonul ajunge în punctul *A* între fața *A* a pistonului și capătul cilindrului rămîne un spațiu cu gaz la presiunea de refulare, numit *spațiu mort*, care are volumul V_o.

Raportul $\frac{p_r}{p_a} = r$ se numește *grad de compresiune.*

Ciclul *abcd* reprezintă ciclul ideal al unui compresor cu piston cu acțiune simplă. Datorită existenței spațiului mort ciclul real devine *a'bcd* deoarece la cursa de aspirație gazul comprimat rămas în spațiul mort se destinde în cilindru de la presiunea de refulare p_r, pînă la presiunea de aspirație p_a după curba $(d-a')$; Supapa de aspirație *3* se deschide abia cînd pistonul ajunge în punctul *A'*.

Volumul efectiv aspirat V_a va fi mai mic decît volumul *V* descris de piston la cursa de la *A* la *B*.

Raportul $\lambda = \frac{V_a}{V}$ se numește *randament volumetric teoretic*, sau coeficient de umplere, λ și are valori cuprinse între 0,93 și 0,94.

2. Debitul compresoarelor cu piston

Debitul compresoarelor reprezintă cantitatea de gaz aspirată în unitatea de timp, măsurată în metri cubi pe secundă, metri cubi pe oră sau litri pe secundă.

La compresoarele cu simplu efect în timpul unui ciclu se realizează două curse, una de aspirație și alta de comprimare-refulare. Debitul teoretic va fi egal cu un volum de gaz egal cu volumul descris de piston.

$$V = A \cdot i \cdot c = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot i \cdot c \quad [m^3] \qquad (199)$$

unde:

V este volumul teoretic al gazului aspirat la o cursă completă a arborelui, în m^3;

A – aria secțiunii pistonului, în m^2;

i este numărul de curse active la o rotaţie completă a arborelui ;
c — lungimea cursei pistonului, în m ;
D — diametrul pistonului, în m.

Volumul efectiv aspirat de compresor la o rotaţie a arborelui V_a va fi :

$$V_a = \lambda \cdot V = \lambda \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot i \cdot c \quad [m^3] \qquad (200)$$

Debitul compresorului aspirat în unitatea de timp Q_a, se obţine cu relaţia :

$$Q_a = n \cdot V_a = n \cdot \lambda \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot i \cdot c \quad [m^3/s] \qquad (201)$$

unde n este numărul de rotaţii pe secundă a arborelui cotit.

3. Puterea şi randamentul

a. Pierderile de gaze la compresoarele cu piston

Acestea fac ca debitul real să fie mai mic decît debitul teoretic din următoarele cauze :

Pierderile datorită neetanşeităţii supapelor, segmenţilor pistoanelor şi presetupelor reprezintă 2 pînă la 4%.

Neetanşeitatea supapelor sau a segmenţilor duce în cazul compresoarelor cu simplu efect la presiunea de gaze în atmosferă, micşorînd astfel debitul. În cazul compresoarelor cu dublu efect, prin neetanşeitatea segmenţilor, gazele comprimate trec înapoi.

Pierderile de presiune la aspiraţie se datoresc rezistenţelor de frecare în conductele de aspiraţie şi supape. Aceste pierderi determină micşorarea presiunii de aspiraţie cu 1 pînă la 5% şi deci fac să scadă debitul, deoarece acesta este proporţional cu presiunea de aspiraţie.

Pierderile datorită creşterii temperaturii gazului aspirat cînd el vine în contact cu pereţii încălziţi ai cilindrului reprezintă 1 pînă la 3%. Prin creşterea temperaturii, gazele îşi măresc volumul deci în acelaşi volum al cilindrului vor intra mai puţine gaze.

Pierderile de debit datorită umezelei gazului aspirat. Gazele conţin umezeală sub formă de vapori de apă care condensează pe conductele de refulare sau în răcitoarele de gaze şi determină astfel scăderea debitului.

Analizînd cauzele pierderilor de gaze la compresoarele cu piston trebuie luate următoarele măsuri pentru a asigura menţinerea debitului compresorului la o valoare ridicată :

— eliminarea sau reducerea la minimum a neetanşeităţilor la supape, segmenţi şi presetupe ;

Scanned with OKEN Scanner

– micșorarea frecărilor la curgerea gazului prin supapele și conductele de aspirație;

– asigurarea unei răciri a cilindrului prin forma constructivă a compresorului și măsuri corecte de exploatare;

– uscarea gazului înainte de intrarea în compresor.

Prin realizarea acestor măsuri pierderile de gaze ale compresorului de 15% se pot reduce la 3%.

b. Puterea compresorului

Suprafața cuprinsă în interiorul diagramei reprezentînd lucrul mecanic absorbit de compresor în timpul unui ciclu, se numește *lucru mecanic indicat* și se calculează cu formula:

$$L_i = \frac{m}{m-1} 10\,000 \cdot p_a \cdot V_a \cdot \left[\left(\frac{p_r}{p_a} \right)^{\frac{m-1}{m}} - 1 \right] \quad [\text{kgf} \cdot \text{m}] \qquad (202)$$

Puterea corespunzătoare lucrului mecanic indicat se numește *puterea mecanică indicată* (P_i) și se calculează cu formula:

$$P_i = L_i \cdot n \quad [\text{kgf} \cdot \text{m/s}] \qquad (203)$$

sau

$$P_i = \frac{m}{m-1} 10\,000\, p_a \cdot Q_a \left[\left(\frac{p_r}{p_a} \right)^{\frac{m-1}{m}} - 1 \right] \quad [\text{kgf} \cdot \text{m/s}] \qquad (204)$$

semnificația termenilor din formulele de mai sus sînt:

m este exponent politropic, care în cazul aerului are valoarea 1,25;

p_a – presiunea de aspirație, în kgf/cm²;

V_a – volumul efectiv aspirat de compresor la o rotație a arboreui calculat cu formula (200);

p_r – presiunea de refulare, în kgf/cm²;

n – numărul de rotații pe secundă a arborelui cotit;

Q_a – debitul compresorului aspirat, calculat cu formula (201). în m³/s

Puterea efectivă (P_{ef}) consumată de compresor și măsurată la arborele compresorului este mai mare decît puterea mecanică indicată și anume:

$$P_{ef} = \frac{P_i}{\eta_m} \quad [\text{kgf} \cdot \text{m/s}] \qquad (205)$$

c. Randamentul compresoarelor

Randamentul volumetric efectiv sau randamentul de debit reprezintă raportul dintre debitul real aspirat al compresorului Q_a și volumul Q_v deplasat de piston în unitatea de timp :

$$\lambda = \frac{Q_a}{Q_v} = \frac{V_a}{V} \tag{206}$$

Randamentul mecanic reprezintă raportul dintre puterea mecanică indicată și puterea efectivă la arborele compresorului :

$$\eta_m = \frac{P_i}{P_{ef}} \tag{207}$$

Randamentul mecanic al compresorului variază între 0,95 și 0,9.

Puterea motorului de antrenare (P_m) se calculează împărțind puterea efectivă la randamentul transmisiei η_{tr} de la motor la compresor :

$$P_m = \frac{P_{ef}}{\eta_{tr}} = \frac{P_i}{\eta_m \cdot \eta_{tr}} \quad [\text{kgf} \cdot \text{m/s}] \tag{208}$$

Puterea motorului în cai putere va fi :

$$P_m = \frac{P_i}{75 \cdot \eta_m \cdot \eta_{tr}} \quad [\text{CP}] \tag{209}$$

și în kW :

$$P_m = \frac{P_i}{102 \cdot \eta_m \cdot \eta_{tr}} \quad [\text{kW}] \tag{210}$$

Randamentul transmisiei variază în funcție de felul acesteia și are valori cuprinse între 0,92 și 0,97.

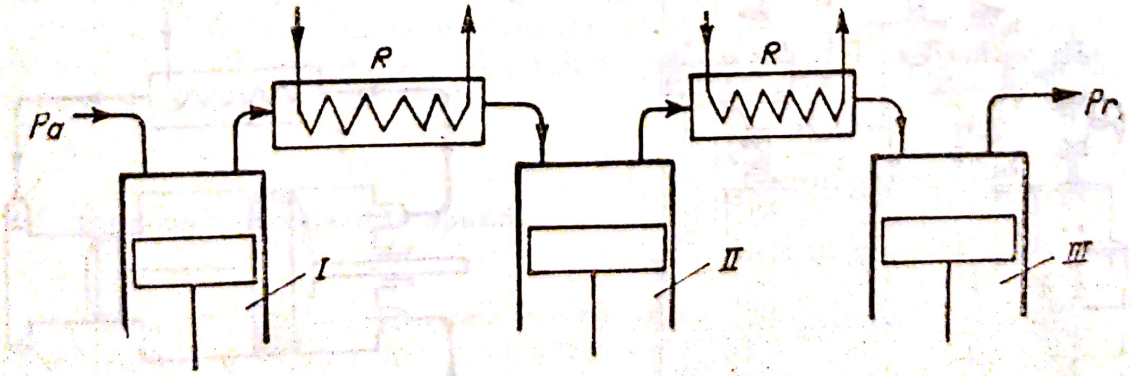


Fig. 232. Schema de principiu a comprimării în trepte.

4. Principiul de funcționare al compresoarelor cu mai multe trepte

Prin comprimare gazele se încălzesc. Încălzirea este cu atît mai puternică cu cît raportul de compresie este mai mare. Temperatura finală a gazului nu trebuie să fie prea ridicată, pentru ca uleiul de ungere să nu-și piardă calitățile lubrifiante. O dată cu creșterea gradului de compresie al unui compresor, crește lucrul mecanic și scade randamentul volumetric λ.

Comprimarea gazelor la presiuni mai mari se realizează în mai multe trepte pentru a se evita aceste neajunsuri. În aceste compresoare (fig. 232) gazul comprimat în cilindrul I este refulat în conducta de aspirație a cilindrului II. Aici este comprimat la o presiune superioară și este refulat în conducta de aspirație a cilindrului III și așa mai departe.

Păstrarea temperaturii inițiale a gazului se face trecînd gazele de la un compresor la altul prin cîte un răcitor de gaze *R*.

5. Tipuri de compresoare cu piston

a. Compresoare verticale cu acțiune simplă, cu doi cilindri (fig. 233)

Acest tip de compresor se utilizează pentru comprimarea aerului.

Pe carcasa *1* se află cei doi cilindri care formează un bloc comun *2*, avînd o manta de răcire cu apă. În capul pistonului *3* se află montate supapele de

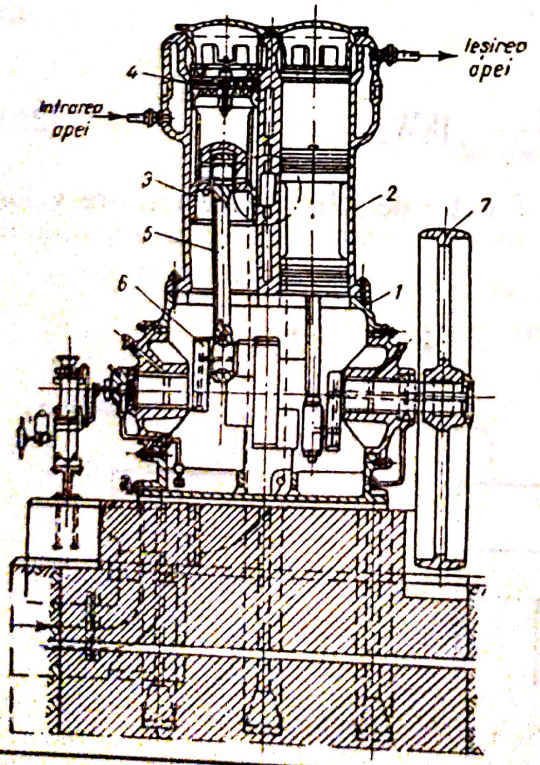
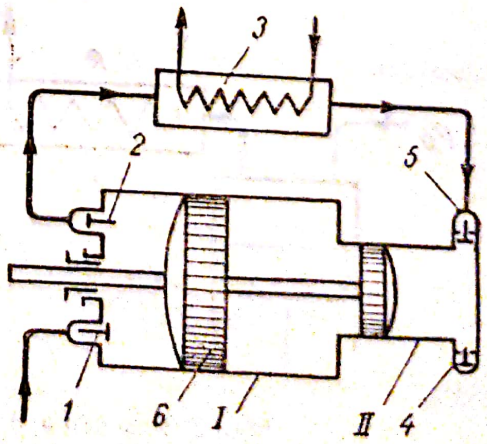


Fig. 233. Compresor vertical cu doi cilindri cu acțiune simplă.

Fig. 234. Schema de principiu a unui compresor cu două etaje.



aspirație *4*. Aspirația se face la cursa de coborîre a pistonului, iar refularea la cursa de ridicare.

Acționarea pistonului se face de la o transmisie cu curele late prin intermediul bielei *5*, a arborelui cotit *6* și a șaibei de curele *7*, care are rol și de volant

Compresoarele verticale prezintă următoarele *avantaje față* de cele orizontale :

- uzura cilindrului și pistonului se face pe ambele părți ;
- compresoarele ocupă un spațiu mai mic și deci și fundații mai mici ;
- sînt mai bine echilibrate.

Compresoarele verticale prezintă și următoarele *dezavantaje :*

- nu pot fi construite decît pentru debite și presiuni mici și mijlocii ;
- necesită spațiu construit de înălțime mare pentru montare și reparații ;
- alezarea cilindrilor este dificilă ;
- poziția verticală a cilindrilor împiedică evacuarea ușoară a picăturilor de apă rezultate prin condensarea vaporilor din gazele comprimate, fapt care duce la accidente grave, ca ruperea capului cilindrului.

b. Compresoarele cu două etaje (fig. 234)

Se caracterizează prin existența a două pistoane cu diametre diferite, care realizează comprimarea.

Cilindrul este dintr-o bucată avînd două diametre diferite, corespunzătoare pistoanelor.

Prin deplasarea pistoanelor de la stînga la dreapta, gazul este aspirat prin supapa *1*, care se găsește în capacul cilindrului I de joasă presiune. La deplasarea pistonului în sens invers, pistonul *6* comprimă gazul pînă la presiunea de comprimare a primului etaj, cînd se deschide supapa de refulare *2* și gazul intră în răcitorul *3*. În același timp, supapa de aspirație *5* se deschide și gazele intră în cilindrul II de înaltă presiune, în care sînt comprimate la cursa următoare. La deplasarea pistoanelor de la stînga la dreapta, gazele din cilindrul II sînt comprimate la o presiune superioară și apoi sînt refulate prin supapa *4* în conducta de refulare.

c. Compresoarele cu cilindri în opoziție

Au cilindrii perechi cu manivelele la 180° una față de alta, astfel că pistoanele se deplasează în sens invers unul față de celălalt.

Compresorul are pentru fiecare treaptă cîte o pereche de manivele decalate la 180°.

Scanned with OKEN Scanner

Acest tip de compresoare prezintă avantajul unei echilibrări bune a pieselor în mișcare, fundații mai reduse, greutate mai mică, cilindri independenți care permit o demontare și montare ușoară.

C. COMPRESOARE ROTATIVE

1. Compresoare rotative cu palete

a. Construcție — funcționare

Compresoarele rotative (suflantele) lucrează pe principiul volumetric, prin mărirea spațiului în timpul aspirației și micșorarea lui în timpul refulării.

Compresoarele rotative (fig. 235) au o construcție asemănătoare pompelor rotative cu palete. Se compun dintr-o carcasă *1* în care se rotește rotorul *2* așezat excentric față de spațiul circular al carcasei.

Corpul rotorului este prevăzut cu mai multe canale longitudinale în care alunecă paletele din oțel *3*, care se pot mișca liber în aceste canale. Ele sînt împinse în timpul rotirii de forța centrifugă, astfel încît freacă suprafața interioară a carcasei *1*.

Aerul pătrunde prin racordul de aspirație *4*, este luat de palete, comprimat treptat datorită așezării excentrice a rotorului și refulat prin racordul de refulare *5*.

Compresoarele rotative se caracterizează prin :

– presiune de refulare independentă de presiunea din conducta exterioară ;

– gradul de compresiune redus (maximum 4) ;

– frecare mare între palete și pereții carcasei, ceea ce determină o degajare mare de căldură ;

– randamentul redus, cele mai moderne compresoare au randamentul de 0,60 – 0,65 ;

– greutate mică ;

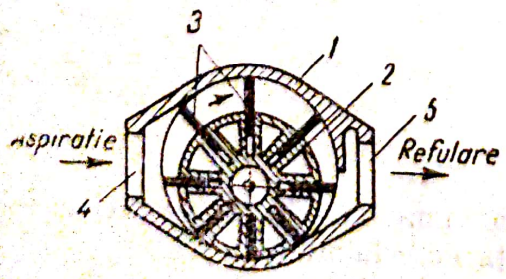


Fig. 235. Schema unui compresor rotativ.

– turație mare, deci permite cuplarea directă cu motorul electric ;
– ocupă un volum mic în raport cu compresoarele cu piston ;
– sînt lipsite de supape ;
– au debit uniform ;
– au un mers liniștit fără trepidații.

b. Calculul debitului și puterii

Debitul compresoarelor rotative se calculează cu formula :

$$Q = 2 \cdot \lambda \cdot n \cdot e \cdot b \cdot (\pi \cdot D - \delta \cdot z) \qquad [m^3/s] \qquad (211)$$

unde :

λ este randamentul volumetric sau coeficientul de debit și depinde de gradul de compresie $r \left(r = \frac{p_r}{p_a} \right)$;

n – turația rotorului, în rot/s ;
e – excentricitatea rotorului în raport cu axul compresorului, în m ;
b – lungimea rotorului, în m ;
D – diametrul interior al carcasei, în m ;
δ – grosimea paletelor, în m ;
z – numărul de palete.

Valoarea lui λ se determină din relația :

$$\lambda = 1 - (0{,}05 \ldots 0{,}1) \frac{p_r}{p_a} \qquad (212)$$

Puterea compresorului se stabilește cu formula :

$$P = \frac{Q \cdot 10\,000 \cdot p_a \cdot \lg \frac{p_r}{p_a}}{102 \eta_{is}} \quad [kW] \qquad (213)$$

unde :

p_a și p_r sînt presiuni de aspirație respectiv de refulare, în kgf/cm³ ;
Q – debitul, în m³/s ;
η_{is} – randamentul izoterm total și are valori cuprinse între 0,55 și 0,65. Se ia în calcul randamentul izoterm deoarece compresoarele rotative au carcasa răcită cu apă.

2. Suflanta (compresorul) cu pistoane rotative

Se compune (fig. 236) dintr-o carcasă *1*, în care se rotesc în sens invers două rotoare *2* de formă specială, fixate rigid pe doi arbori paraleli. Distanța între axele rotoarelor este astfel aleasă încît suprafețele laterale ale rotoarelor

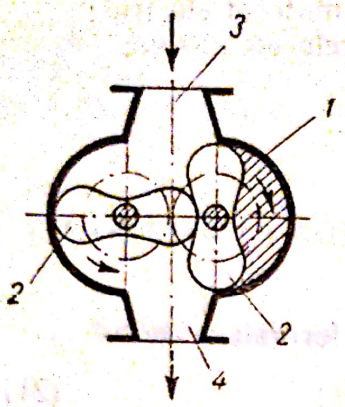


Fig. 236. Compresor cu pistoane rotative.

să fie în contact permanent etanș, atît între ele cît și cu pereții carcasei.

Prin mișcarea rotoarelor se formează două camere distincte, una de aspirație și alta de refulare a gazelor. Gazul intră prin racordul *3* și este comprimat între rotor și carcasă și apoi este refulat prin racordul *4*. Unul din arborii rotoarelor este acționat de un motor electric, direct sau de cele mai multe ori prin intermediul unui reductor de turație. Antrenarea celuilalt rotor se face prin intermediul unei perechi de roți dințate cu coeficient de transmisie *1*.

Suflantele cu pistoane rotative au un debit aspirat mare care poate ajunge la 800 m³/min, însă la o presiune redusă.

Au aceleași avantaje ca și compresoarele cu palete.

Se folosesc în industria chimică și rafinării pentru deplasări mari de gaze la presiuni sub 3 kgf/cm³.

D. COMPRESOARE CENTRIFUGE

1. Principiul de funcționare

Compresoarele centrifuge comprimă și refulează gazele datorită forței centrifuge ce ia naștere prin rotirea rotoarelor cu palete, care sînt montate pe un arbore ce se învîrtește într-o carcasă închisă de formă specială.

Prin învîrtirea rotorului, gazul aspirat în regiunea arborelui rotorului este azvîrlit datorită forței centrifuge către periferie, mărind viteza dinamică a gazului, precum și densitatea gazului.

Turbosuflantele și ventilatoarele cu un singur rotor pot produce presiuni pînă la 0,15 kgf/cm².

Pentru presiuni mai mari pe arborii turbocompresoarelor sau turbosuflantelor se montează mai multe rotoare, realizîndu-se presiuni pînă la 12 kgf/cm².

La turbocompresoare și turbosuflante, între rotoare se montează difuzoare care transformă presiunea dinamică a gazului în presiune statică.

Scanned with OKEN Scanner

2. Puterea compresoarelor centrifuge

Calculul puterii unui turbocompresor, unei turbosuflante sau a unui ventilator se face cu formula :

$$P = \frac{Q \cdot H}{102 \cdot \eta} \quad [kW] \qquad (214)$$

unde :

Q este debitul de gaz, în m^3/s ;
H – presiunea de refulare a gazului, în mm H_2O sau kgf/m^2 ;
η – randamentul mașinii.

3. Turbocompresoare

Turbocompresoarele sînt compresoarele centrifuge care pot realiza presiunile cele mai mari (3 – 12 kgf/cm^2).

Se caracterizează printr-un număr mare de etaje și prin faptul că între etaje se află răcitoare intermediare. Aceste răcitoare pot fi interioare sau exterioare turbocompresoarelor.

Turbocompresoarele se folosesc pentru transportul gazelor pe conducte magistrale.

Turbocompresorul cu 12 etaje din figura 237 este format din elemente secționale avînd răcire interioară.

Turbocompresoarele se execută numai pentru debite mari (între 6 000 și 100 000 m^3/h) deoarece etanșarea unui număr mare de rotoare este foarte dificilă. Rotația turbocompresoarelor variază între 3 000 și 6 000 rot/min.

Față de compresoarele cu piston, turbocompresoarele au următoarele *avantaje :*

– dimensiuni mai mici ;
– debit uniform de gaz și neimpurificat cu ulei de ungere ;
– lipsa trepidațiilor ;
– turații mari, care permit cuplarea directă la motoare electrice de mare turație, la furtune cu abur sau cu gaze.

Prezintă însă și următoarele *dezavantaje :*

– variația presiunii o dată cu variația debitului ;
– randamente mici la încărcări sub sarcină normală.

4. Turbosuflante

Turbosuflantele sînt compresoare centrifuge care realizează presiuni de 0,15 – 3 kgf/cm^2. Construcția turbosuflantelor poate fi cu una sau mai multe trepte. Presiunea finală se obține la trecerea succesivă a gazului dintr-un rotor în altul, fără răcire intermediară.

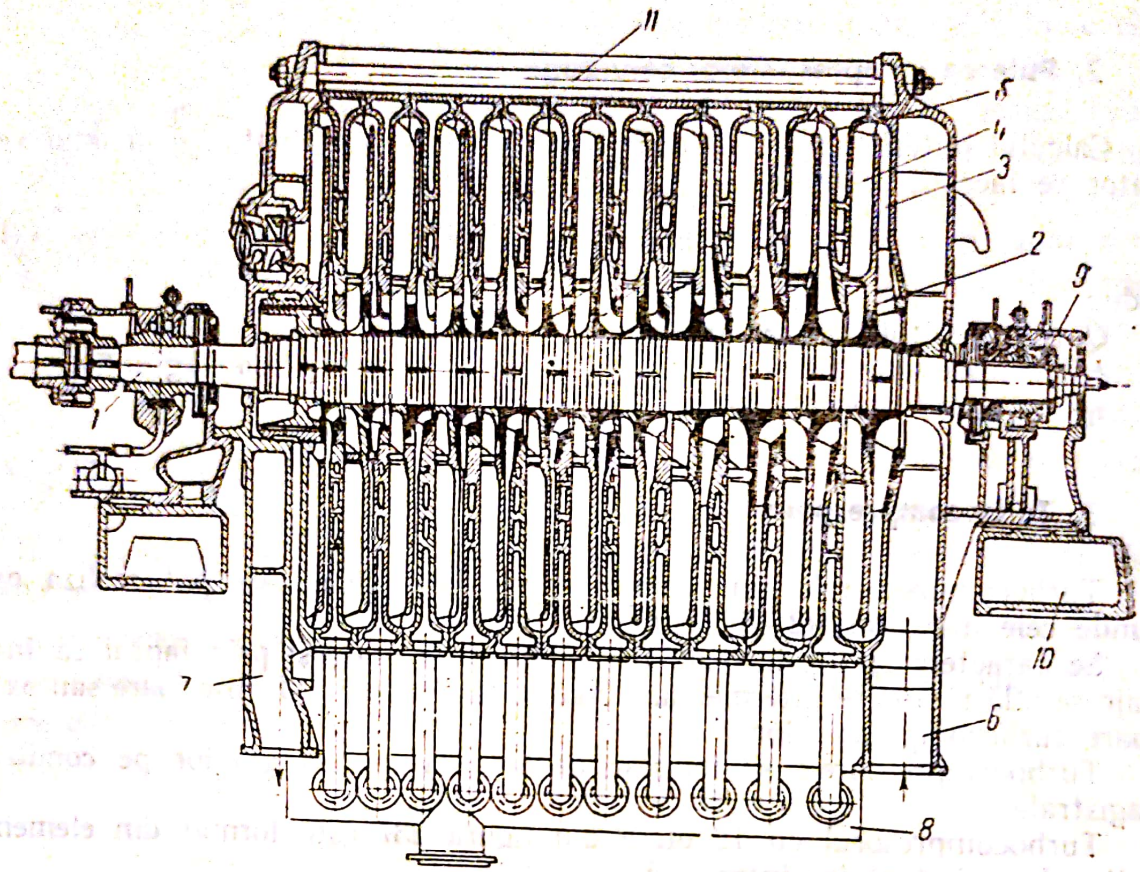


Fig. 237. Turbocompresor cu 12 etaje, cu răcire interioară :
1 — ax ; *2* — rotor ; *3* — difuzor ; *4* — aparat director de întoarcere ; *5* — cămașă de răcire între etaje ; *6* — conductă de aspirație ; *7* — conductă de refulare ; *8* — colector de apă ; *9* — lagăr ; *10* — postament ; *11* — bulon de strîngere.

Rotoarele turbosuflantelor au toate același diametru.

După direcția curentului de aer se deosebesc suflante radiale și suflante axiale.

Turbosuflantele se execută pentru debite de la 2 000 pînă la 10 000 m^3/h și o presiune de refulare de 0,5 - 0,7 kgf/cm^2.

Se realizează turbosuflante cu un randament de 0,5 pînă la 0,78.

Turbosuflantele se utilizează pentru insuflarea aerului în cuptoarele industriale, pentru furnizarea aerului la regenerarea catalizatorilor în instalații de prelucrare etc.

5. Ventilatoare

În industria chimică și rafinării, ventilatoarele sînt compresoarele cele mai des utilizate, folosite la ventilația mecanică a diverselor instalații tehnologice.

Funcţionarea ventilatoarelor este asemănătoare turbosuflantelor.

După construcţie ventilatoarele pot fi radiale sau axiale.

Ventilatoarele radiale (centrifuge) (fig. 238) se compun dintr-o carcasă spirală *1* în interiorul căreia rotorul *6* fixat pe arborele *9* se poate roti. Circuitul aerului în aceste ventilatoare este următorul: intră prin gura de aspiraţie *4*, este antrenat de paletele *13* ale rotorului şi iese prin gura de refulare *5*, datorită forţei centrifuge.

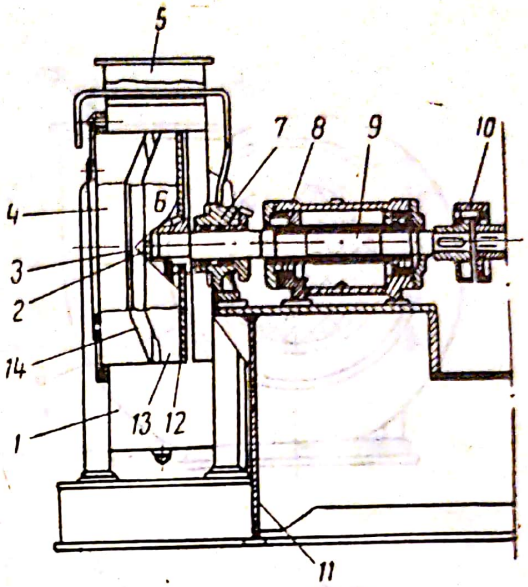


Fig. 238. Ventilator radial.

Rotorul este realizat dintr-un disc principal *12*, pe care sînt fixate mai multe palete *13* şi un disc de acoperire *14*. Butucul *2* al arborelui este acoperit de deflectorul *3*. Arborele sprijină pe un lagăr cu doi rulmenţi *8* şi se cuplează axial cu arborele motorului prin cuplajul *10*. Arborele străbate carcasa prin presgarnitura *7*. Ventilatorul se fixează pe fundaţii prin intermediul batiului *11*.

Paletele rotorului pot fi radiale, drepte sau curbate, fie în sensul rotaţiei fie în sens invers.

Ventilatoarele radiale pot aspira aerul fie numai dintr-o singură parte şi se numesc *monoaspirante*, fie sînt *dublu aspirante*, cînd aspiraţia se face de pe două părţi opuse.

Ventilatoarele monoaspirante (fig. 239, *a*) au carcasa spirală *1*, gura de refulare *5* şi rotorul *4* simple şi o singură gură de aspiraţie *6*.

Ventilatoarele dublu aspirante (fig. 239, *b*) au dimensiunile carcasei spirale 1, a rotorului *4* şi a gurii de refulare de lăţime dublă şi două guri de aspiraţie *6* şi *6'* situate în poziţie opusă.

Pe suportul *2* al ventilatoarelor se fixează carcasa *1* şi lagărele axului *3*. Poziţia lagărelor la ventilatoarele monoaspirante este de o singură parte a carcasei, pe cînd la ventilatoarele dublu aspirante de o parte şi de alta a carcasei.

Gurile de aspiraţie se astupă cu o plasă de sîrmă pentru reţinerea corpurilor străine din aer.

Ventilatoarele radiale se împart după presiune în:

– ventilatoare de joasă presiune, care pot realiza o presiune de maximum 100 mm H_2O (sub 100 kgf/m²);

– ventilatoarele de medie presiune, care produc o presiune de 100–250 mm H_2O;

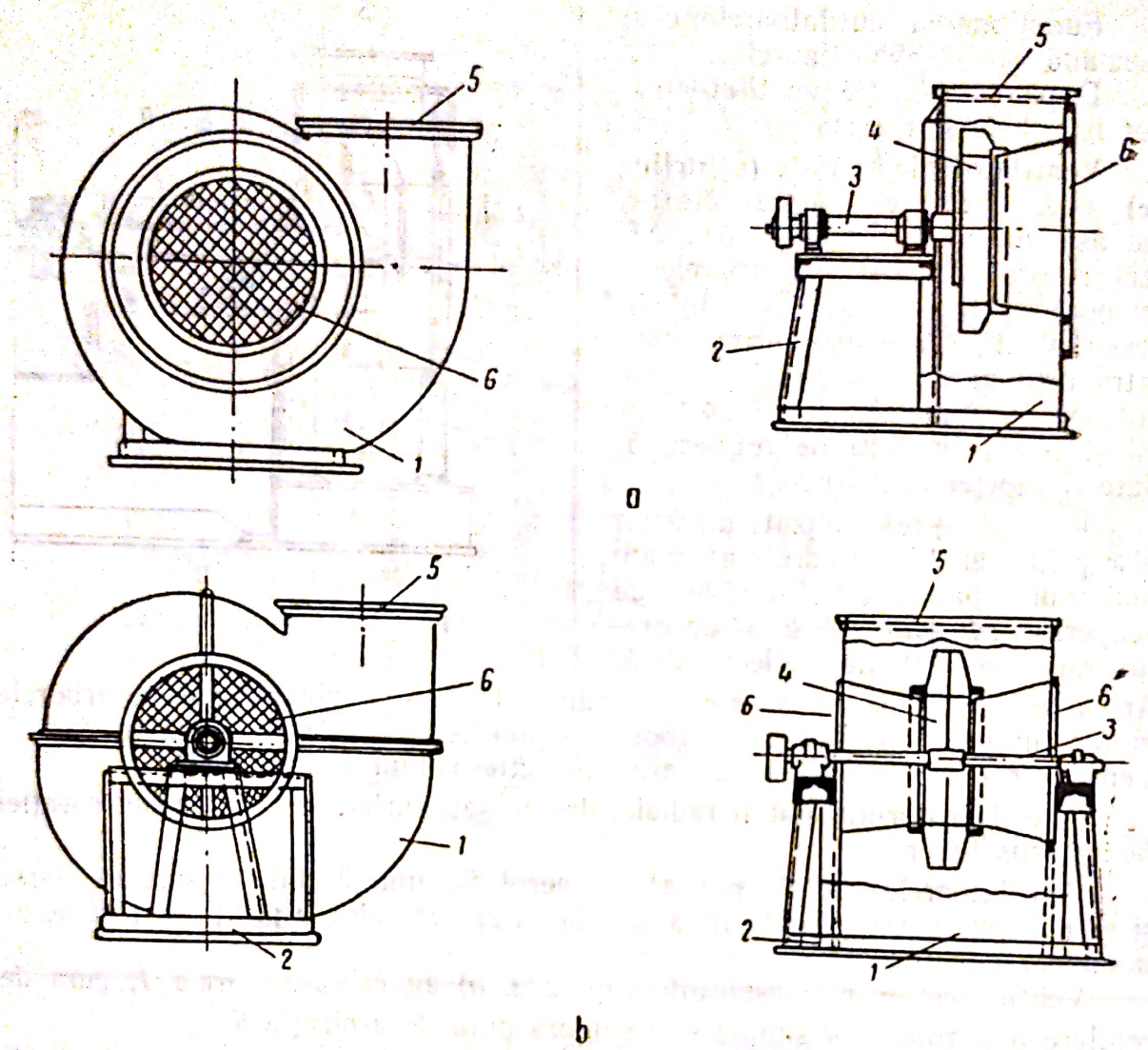


Fig. 239. Ventilatoare radiale:
a — monoaspirante ; *b* — dublu aspirante.

— ventilatoare de înaltă presiune, care pot realiza presiuni de peste 250 mm H_2O (peste 250 kgf/m²).

Ventilatoarele radiale sînt standardizate pentru debite de la 1 000 pînă la 100 000 m³/h și presiuni de la 0 pînă la 250 mm H_2O, putînd fi folosite pentru aer și gaze cu o temperatură sub 80°C.

Turația ventilatoarelor variază între 175 și 3 500 rot/min, iar puterea motoarelor de antrenare între 0,6 și 40 kW.

Ventilația laboratoarelor chimice se realizează cu ventilatoare care au suprafețele ce vin în contact cu gazele corosive, executate din oțeluri inoxidabile, căptușite cu materiale anticorosive ca plumb, cauciuc sau vopsite cu lacuri speciale.

Scanned with OKEN Scanner

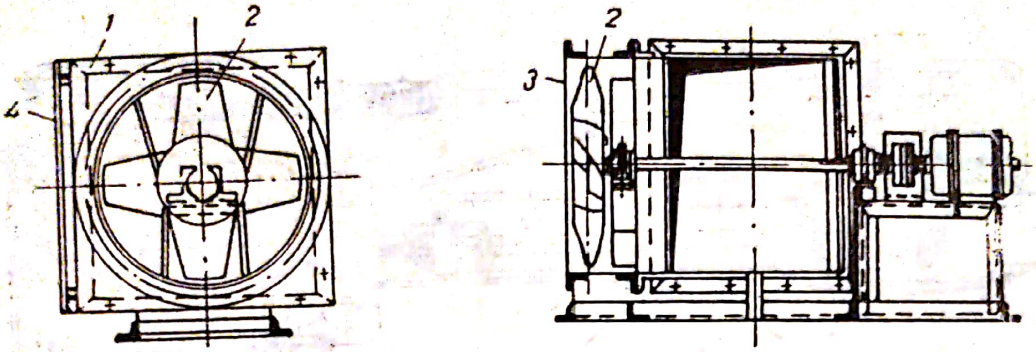


Fig. 240. Ventilatoare axiale.

Ventilatoarele axiale comprimă aerul cu o elice cu palete care se rotește cu turație mare. Se utilizează pentru transportul unor cantități foarte mari de aer însă la presiuni mici de maximum 25 mm H_2O. Spre deosebire de ventilatoarele radiale randamentul celor axiale este mai mare.

Ventilatoarele axiale (fig. 240) se compun din următoarele părți principale: carcasa *1* în care se rotește rotorul *2*, cu patru palete dispuse radial. Aerul intră prin gura de aspirație *3* și este refulat de paletele rotorului paralel cu axul rotorului prin gura de refulare *4*.

Ventilatoarele axiale se utilizează la ventilarea halelor mari, a secțiilor de fabricație care produc gaze sau suspensii de praf în aer, pentru aerajul parțial al minelor, pentru circulația aerului de răcire a motoarelor termice etc.

E. POMPE DE VID

O serie de procese tehnologice din industria chimică și rafinării ca evaporarea, distilarea, uscarea, filtrarea etc. necesită presiuni mai mici decît presiunea atmosferică.

Vacuumul necesar acestor instalații se realizează cu ajutorul pompelor de vid, care aspiră aerul din aparate și îl refulează în general în atmosferă.

Deși aceste mașini au fost numite pompe, ele sînt după construcție și funcționare compresoare de aspirație.

Pompele de vid au un singur etaj și foarte rar două.

a. Pompele de vid cu piston

Au supape comandate și nu automate. Supapele nu se pot deschide singure (automat) datorită presiunilor mici.

O pompă de vid cu piston (fig. 241) are în loc de supape un sertar plan *1*, mișcat de un excentric *2* de pe arborele cotit *3*. Pompa lucrează cu dublu efect.

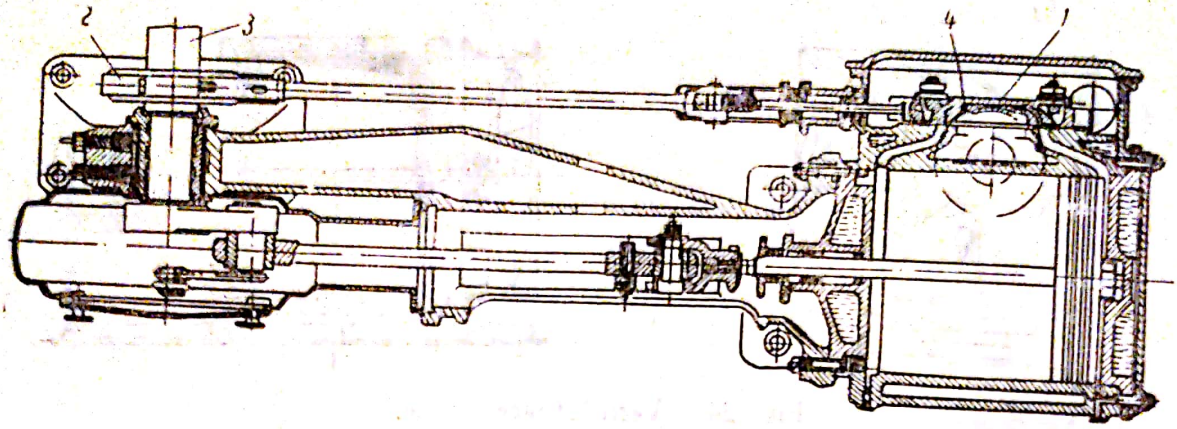


Fig. 241. Pompă de vid cu piston și sertar plan.

Unele pompe au sertarul prevăzut cu un canal de ocolire *4* care face legătura la fiecare sfîrșit de cursă între spațiul mort de pe o față a pistonului cu fața cealaltă pentru a se evita expansiunea gazelor din spațiul mort.

Pompele de vid fără acest canal pot realiza un vid de pînă la 70%, iar cele cu acest canal pot realiza un vid pînă la 92%.

În rafinării se utilizează astfel de pompe care sînt antrenate de mașini cu abur, care permit o reglare mai ușoară a vitezei și deci a vidului.

Pompele de vid cu piston cu un singur etaj și cu sertar egalizator pot realiza o presiune absolută de 5–10 mm Hg.

Pompele de vid cu două etaje și sertar egalizator pot atinge presiuni absolute de 0,2–0,5 mm Hg.

b. Pompe de vid rotative

Pompa de vid cu inel de lichid (fig. 242) funcționează pe următorul principiu: prin rotirea într-o carcasă *1* cu capace laterale (fig. 242, *a*) și umplută parțial cu lichidul *2*, a unui rotor cu palete *3*, se formează un inel de lichid *l* (fig. 242, *b*) concentric cu carcasa.

Dacă paletele freacă etanș pe capace, atunci între palete, arbore și inelul de lichid se formează celulele *a*, *b*, *c*, *d*, *e* și *f* separat una de alta.

În cazul unei așezări excentrice a rotorului față de carcasă (fig. 242, *c*), inelul de lichid își menține poziția sa concentrică cu carcasa, iar spațiul delimitat de palete devine inegal.

La prima jumătate de rotație din I în II, celulele cresc și se realizează o depresiune în zona vecină cu arborele rotorului. Aspirația se realizează prin practicarea orificiului *4* de forma unei seceri în capacul carcasei.

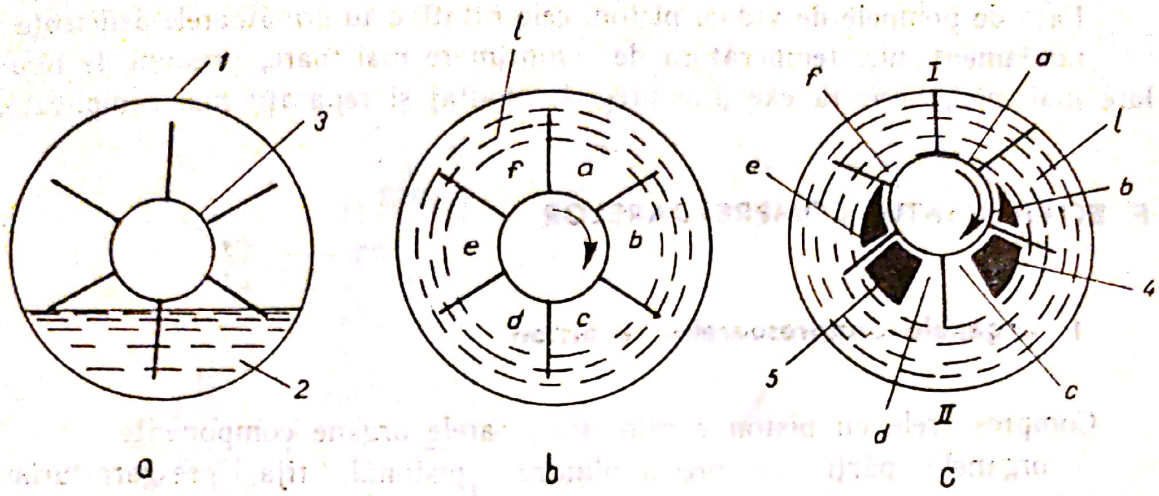


Fig. 242. Principiul de funcționare al pompei de vid cu inel de lichid.

La a doua jumătate de rotație din II în I, celulele se micșorează, presiunea gazului crește și printr-un orificiu *5* practicat în capac se efectuează refularea gazului.

Pompele cu inel de lichid se pot utiliza, atît ca pompe de vid cît și drept compresoare. Inelul de lichid folosit este pentru gazele neutre apa, iar pentru gazele corosive acidul sulfuric concentrat.

Pentru a avea randament cît mai bun, la aceste pompe, trebuie ca lichidul să fie rece și în consecință, pompa va fi alimentată continuu cu apă rece.

Pompa rotativă de vid cu ulei (fig. 243) realizează un vid înaintat de 1—0,5 mm Hg. Se utilizează în unele procese de fabricație din industria chimică și în special în laboratoare.

La aceste pompe cu ajutorul uleiului se realizează o închidere hidraulică între atmosferă și spațiul din care se evacuează gazul.

Gazul este aspirat prin conducta *1* din spațiul unde trebuie să se facă vid și intră în spațiul dintre corpul pompei și rotorul excentric *2*, unde este antrenat de paletele *3*, comprimat și apoi evacuat prin conducta *4* în spațiul de refulare *5*. Stratul de ulei *6* îl împiedică să pătrundă în spațiul din care se evacuează. Gazul iese din pompă prin conducta de refulare *7*.

Pompele de vid rotative asigură o aspirație uniformă a gazului și ocupă un spațiu de montaj cu mult mai mic decît pompele cu piston (de 5—6 ori). Au turație mare și se pot cupla direct la motoarele electrice. Lipsesc supapele de aspirație și refulare.

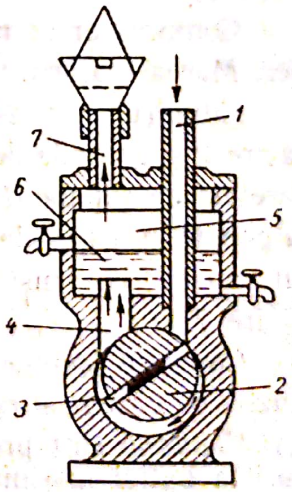


Fig. 243. Pompă rotativă de vid cu ulei.

Faţă de pompele de vid cu piston, cele rotative au următoarele deficienţe : randament mic, temperatură de comprimare mai mare, presiuni de refulare mai mici, necesită execuţie precisă, montaj şi reparaţii mai complicate.

F. ECHIPAMENTUL COMPRESOARELOR

1. Organele compresoarelor cu piston

Compresoarele cu piston conţin următoarele organe componente :

— organele părţii compresor-cilindrul, pistonul, tija, presgarniturile, supapele, camera auxiliară ;

— organele de transmitere a mişcării -arborele cotit, biela, bolţul, capul de cruce, lagărele, volantul ;

— scheletul -batiul, carterul ;

— organele auxiliare ale compresorului : elementele de ungere şi de răcire ;

— organele părţii motor.

a. Organele părţii compresor

Cilindrul de compresor, spre deosebire de cel al pompelor este răcit întotdeauna.

Compresoarele mici şi în special compresoarele de pornire se răcesc cu aer. Marea majoritate a compresoarelor se răcesc cu apă.

Cilindrul (fig. 244) se compune dintr-un corp *1* prevăzut cu cămaşa de răcire *2* şi galeriile de aspiraţie şi refulare *3* şi *6*. Corpul cilindrului mai conţine casetele de supape *10* care sînt închise cu capacele *5*. Cilindrul este prevăzut la capete cu capacele *4* şi *8* (cilindrii compresoarelor cu simplu efect au numai un capac). Tija pistonului străbate capacul *8* în care se află şi cămaşa de răcire *7*.

Capacele trebuie să fie răcite mai intens decît corpul, deoarece sînt încălzite de gaze la sfîrşitul compresiunii, cînd temperatura acestora este maximă.

Capacele sînt prevăzute cu cîte o flanşă *9* care permite fixarea în şuruburi la batiul maşinii şi cu ferestre de acces la presgarnitură.

Compresoarele moderne se prevăd cu bucşe demontabile la interiorul cilindrilor care se pot schimba, înlocuind numai bucşa, nu întregul cilindru.

Scanned with OKEN Scanner

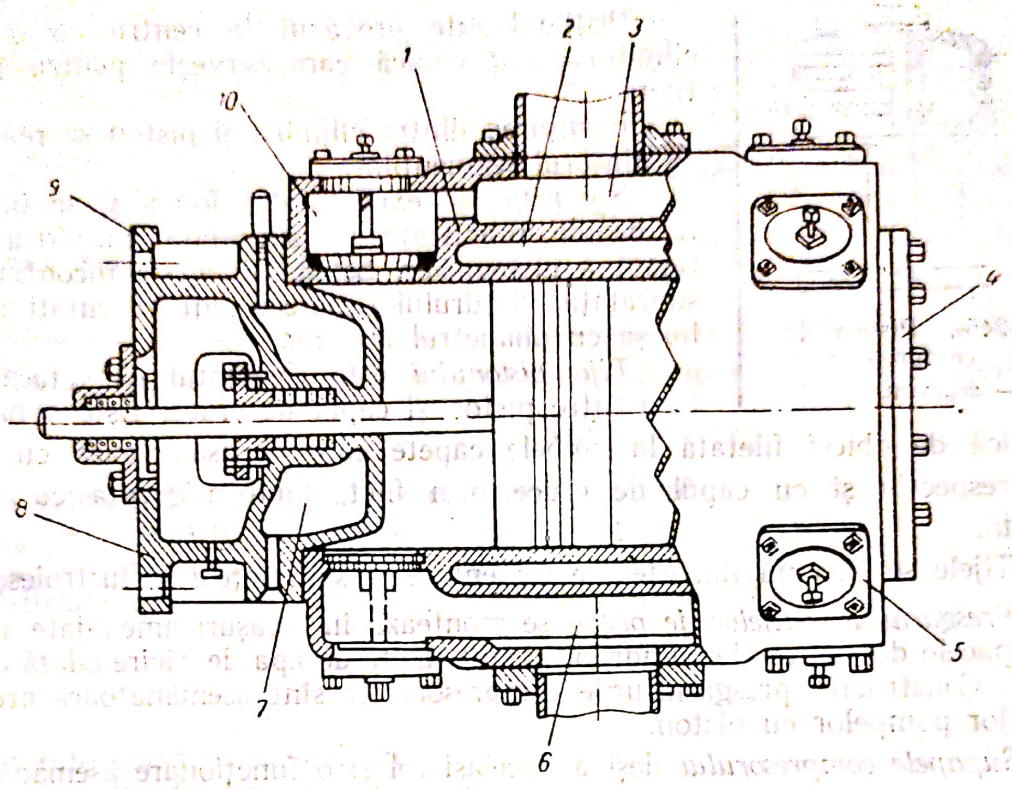


Fig. 244. Cilindri de compresor.

Unele compresoare cu două sau trei etaje au un singur cilindru cu două sau trei trepte, în care lucrează un piston cu două sau trei trepte. Această amplasare a cilindrilor unul după altul pe același ax, se numește amplasare în *tandem* și are ambele pistoane acționate de o singură bielă de la un maneton al arborelui cotit.

În cazul cînd fiecare piston este acționat de biele separate montate la același arbore cotit, cilindrii sînt montați în *paralel*.

Cilindrii se execută din fontă pentru presiuni pînă la 50 kgf/cm², iar la presiuni superioare din oțel turnat sau forjat, cu cămăși de fontă în scopul îmbunătățirii condițiilor de funcționare a pistoanelor.

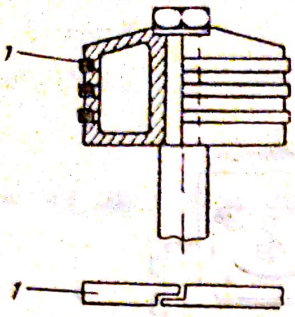
Pistonul de compresor (fig. 245) se toarnă din fontă, gol la interior, pentru a fi cît mai ușor. Pistoanele compresoarelor pentru presiune înaltă se execută din oțel. Suprafața cilindrică exterioară se prelucrează la un diametru D_p egal cu :

$$D_p=(1-0{,}001)D_c \quad [\text{mm}] \tag{215}$$

unde :

D_p este diametrul pistonului, în mm ;

D_c – diametrul cilindrului, în mm.



Figa 245.. Piston de compresor :
1 — segment.

Pistonul este prevăzut la centru cu o gaură cilindrică sau conică care servește pentru fixarea tijei.

Etanșarea dintre cilindru și piston se realizează cu ajutorul segmenților.

Segmenții se execută din fontă și se introduc în canale practicate pe suprafața cilindrică exterioară a pistoanelor. Segmenții apasă incontinuu pe suprafața cilindrului deoarece sînt executați dintr-o bucșă cu diametrul mai mare.

Tija pistonului este elementul care face legătura între piston și capul de cruce. Este o bară cilindrică de obicei filetată la ambele capete care se asamblează cu pistonul respectiv și cu capul de cruce prin filet, fiind asigurată cu cîte o piuliță.

Tijele se execută din oțel de cementare și suprafețele se lustruiesc.

Presgarniturile tijelor de piston se montează în locașuri amenajate special în capacele din spate ale cilindrilor și sînt răcite de apa de răcire odată cu capacul. Constructiv presgarniturile compresoarelor sînt asemănătoare presgarniturilor pompelor cu piston.

Supapele compresorului deși au același rol și o funcționare asemănătoare pompelor cu piston, constructiv diferă destul de mult.

La compresoare partea mobilă a supapei trebuie să aibă o masă foarte mică și o cursă mică deoarece gazele au o greutate specifică mult mai mică decît lichidele. Supapele compresoarelor nu lucrează prin greutate proprie ca cele ale pompelor, ci prin forța resortului. Se montează atît vertical cît și orizontal.

Supapele compresoarelor sînt echipate cu discuri de oțel de 1—3 mm și cursa lor nu depășește 4 mm.

Ridicarea redusă a discului face ca viteza gazului de trecere prin supapă să ajungă la valori foarte mari de 25 pînă la 40 m/s. La debite mari, reducerea vitezei de trecere se obține prin mărirea suprafeței supapei și execuția ei inelară. La compresoarele lente se admit viteze de trecere a gazului prin supape mai mari decît la compresoarele rapide.

Secțiunea de trecere a supapei de refulare este mai mică decît a celei de aspirație datorită comprimării gazului.

Supapele de compresor se deschid și se închid în mod treptat (progresiv) deoarece prin destinderea și comprimarea gazului, presiunea în cilindru scade sau crește treptat, spre deosebire de supapele pompelor care se deschid sau se închid brusc.

Supapele de compresor sînt prevăzute cu dispozitive speciale de ghidare pentru a se evita răsucirea discului pe tijă.

Scanned with OKEN Scanner

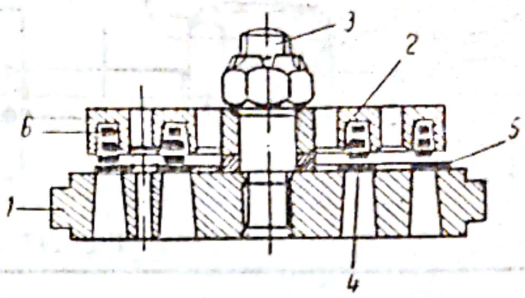


Fig. 246. Supapă de compresor.

Calculul suprafeței de trecere a supapei unui compresor se face cu formula:

$$a = A\frac{v_p}{v_s} \quad [cm^2] \tag{216}$$

unde:

A este suprafața frontală a pistonului, în cm^2;
v_p – viteza medie a pistonului, în m/s;
v_s – viteza gazelor prin supapă, în m/s.

Viteza medie a pistonului se deduce din formula 217:

$$v_p = \frac{c \cdot n}{30} \quad [m/s] \tag{217}$$

unde:

c este cursa pistonului, în m;
n – turația compresorului, în rot/min.

Supapele de compresor în majoritatea cazurilor au deschidere automată. O astfel de supapă automată normală pentru presiuni medii este reprezentată în figura 246. Supapa se compune din scaunul supapei *1* și capacul *2*, asamblate prin șurubul *3*. Între scaunul *1* și capacul *2* sînt montate plăcile inelare de etanșare *4* și *5*, care sînt apăsate pe scaunul supapei de arcurile *6*, fixate în locașuri aflate în capacul *2*.

Scaunul supapei și capacul se execută din fontă de calitate sau din oțel, iar plăcile inelare din oțel carbon de calitate și sînt prelucrate prin rectificare pentru a asigura o bună etanșare.

b. Organele de transmisie ale mișcării

Arborele cotit este una din cele mai scumpe piese a compresorului, datorită formei sale complicate. La arborele cotit (fig. 247) se deosebesc următoarele părți componente:

– fusurile *1* pentru lagăre palier, care sînt coaxiale cu axa de rotație a arborelui;

– fusurile *2* pentru lagărele de bielă, care au axa la distanța r de axa fusului *1* (raza r a arborelui cotit este egală cu jumătate din cursa c a pistonului de compresor);

– coturile *3* sînt așezate de o parte și de alta a fusurilor pentru lagărele de bielă și au rolul de a lega aceste fusuri de fusurile pentru lagărele palier;

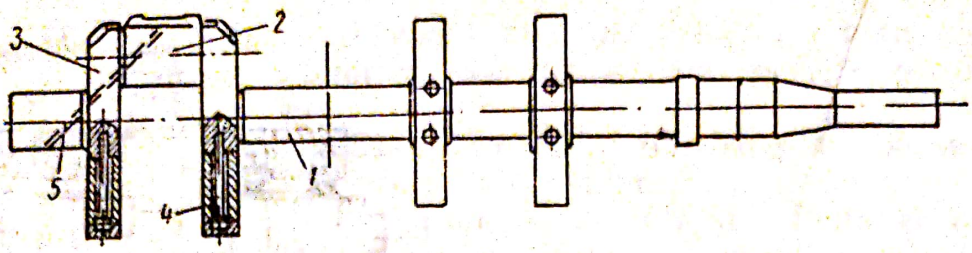


Fig. 247. Arbore cotit de compresor.

– contragreutățile *4* se prind în șuruburi de arborele cotit în partea opusă coturilor și au rolul de a echilibra arborele; în unele cazuri se pot executa din aceeași bucată cu arborele.

Pentru a asigura ungerea lagărelor arborele cotit este străpuns de canale de ungere *5*.

Arborele cotit se execută din oțel carbon de calitate sau oțel aliat prin forjare sau matrițare, fie dintr-o singură bucată, fie din mai multe tronsoane asamblate prin strîngere.

Fusurile pentru lagărele palier și pentru lagărele de bielă se prelucrează prin rectificare.

Biela este organul de transmisie care face legătura între manivelele arborelui cotit și capul de cruce.

Biela poate avea cele două capete închise (fig. 248) sau deschise și cu capace. Corpul bielei poate avea formă de *I* sau dreptunghiulară. În capetele închise ale bielei *1* sînt montați cuzineții lagărelor formați din jumătățile *2* și *4* între care se montează și adaosurile *3* din tablă subțire. Ca urmare a uzurii lagărelor apare joc între manetoane și cuzineți. În acest caz se scot cîteva din adaosurile *3* și se apropie cele două jumătăți de lagăr cu ajutorul șuruburilor *5* care împing pana transversală *6* astfel ca cuzinetul *4* să se apropie de cuzinetul *2*.

Corpul bielei se execută din oțel forjat sau mai ales matrițat, iar cuzineții lagărelor din bronz fosforos.

Capetele bielei sînt prevăzute cu adînciturile *7*, în care se adună uleiul azvîrlit prin barbotaj de către arborele cotit și de unde prin canale, uleiul ajunge la suprafețele de alunecare ale cuzineților.

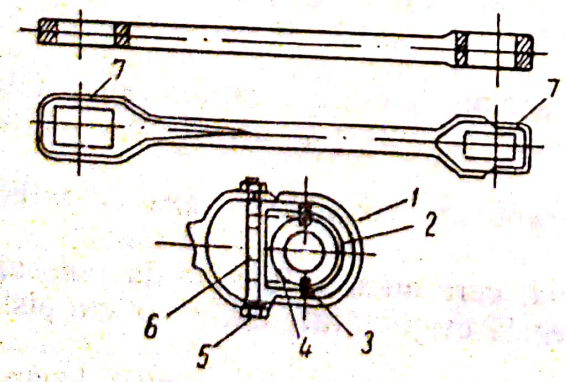


Fig. 248. Bielă de compresor.

Bolțul servește ca punct de articulație între piciorul bielei și capul de cruce la compresorul cu dublu efect sau între piciorul bielei și piston în cazul compresoarelor cu simplu efect care nu au cap de cruce.

Bolțul se fixează prin presare în capul de cruce sau piston și suprafața care vine în contact cu

piciorul bielei se rectifică. Se execută din oțel carbon sau aliat de cementare și se tratează termic.

Capul de cruce (fig. 249) se compune dintr-un corp *1* și una sau două patine *2*. Patinele se fixează de corpul capului de cruce prin prezoanele *3* care sînt înecate în patine. Reglarea jocului între capul de cruce și glisierele batiului se face prin montarea unor adaosuri din tablă subțire între patine și corp.

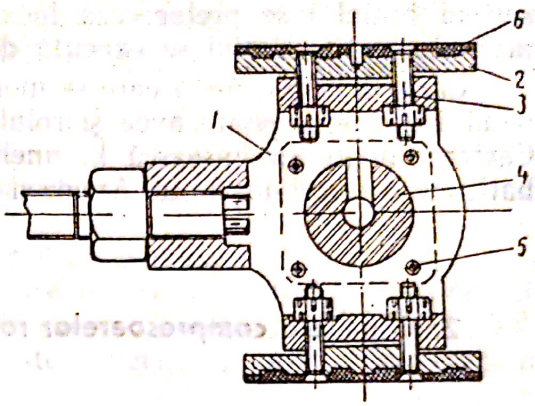


Fig. 249. Cap. de cruce

Bolțul *4* leagă capul de cruce de piciorul bielei permițîndu-i acesteia să oscileze. Bulonul este împiedicat să se rotească prin fixarea cu ajutorul șuruburilor *5*.

Corpul capului de cruce se execută din oțel, iar patinele din fontă, căptușite cu compoziție pentru lagăre pe suprafețele de alunecare *6*.

Lagărele principale se amplasează în locașuri prevăzute în pereții batiului. Ele au rolul de a prelua toate forțele care se transmit de la pistoane prin tije, capete de cruce, biele și arborele cotit.

Volantul este organul care are rolul de a uniformiza funcționarea mașinii în cursul unui ciclu.

În timpul unui ciclu, lucrul mecanic absorbit este maxim, iar în timpul destinderii mașina nu mai absoarbe lucru mecanic, ci chiar produce.

Motoarele de antrenare dintre care motoarele electrice în mod deosebit se caracterizează printr-un cuplu constant. Este necesar ca lucrul mecanic să fie absorbit în perioadele cînd este în exces și să fie redat în perioadele cînd este în minus. Volantul realizează acest lucru prin inerția sa mare.

Din punct de vedere constructiv, volantul este o roată grea care se montează la unul din capetele arborelui cotit prin presare pe pană.

Volantul se execută din fontă sau oțel turnat. El servește și drept roată pentru cureaua de transmisie la compresoarele cu transmisie.

c. Scheletul compresorului

Batiul este o carcasă metalică așezată pe fundație, pe care se montează restul pieselor unei mașini. El îndeplinește de obicei și rolul de baie de ulei și se mai numește și carter inferior. Batiul are pereții întăriți cu nervuri pentru a-i mări rigiditatea și este prevăzut cu ferestre închise cu capace etanșe, prin care se pot vizita organele mecanismului bielă-manivelă. În pereții transver-

Scanned with OKEN Scanner

sali ai batiului se prelucrează locașe pentru fixarea lagărelor principale ale arborelui cotit. Batiul se execută de obicei din fontă.

Carterul este o piesă care se montează pe batiu și susține cilindrii compresorului. Carterul poate avea și rolul de suport al glisierelor capului de cruce. Carterul poate să lipsească la unele compresoare, rolul lui fiind preluat de batiu. Se execută din fontă. Are ca și batiul ferestre de vizitare închise cu capace.

2. Organele compresoarelor rotative

Compresorul rotativ cu răcire cu apă (fig. 250) este compus din următoarele organe:

Carcasa 1 este elementul fix care se așază pe fundație prin intermediul unor tălpi sau picioare prevăzute cu găurile necesare pentru șuruburile de fundație și pe care se montează celelalte piese ale compresorului. Forma carcasei este aceea a unui corp de revoluție. Carcasa este prevăzută cu o cămașă de apă *7* care servește la răcirea carcasei în timpul funcționării.

Carcasa se execută din fontă și se supune unor operații de curățire cît mai atente, spre a nu rămîne nisip în spațiile cămășii de răcire micșorînd coeficientul de transmitere a căldurii.

Suprafața interioară a carcasei pe care freacă paletele se prelucrează fin pentru a asigura etanșeitatea.

Lateral și mai jos de centru de o parte și de alta a carcasei sînt amplasate ștuțurile de aspirație și refulare.

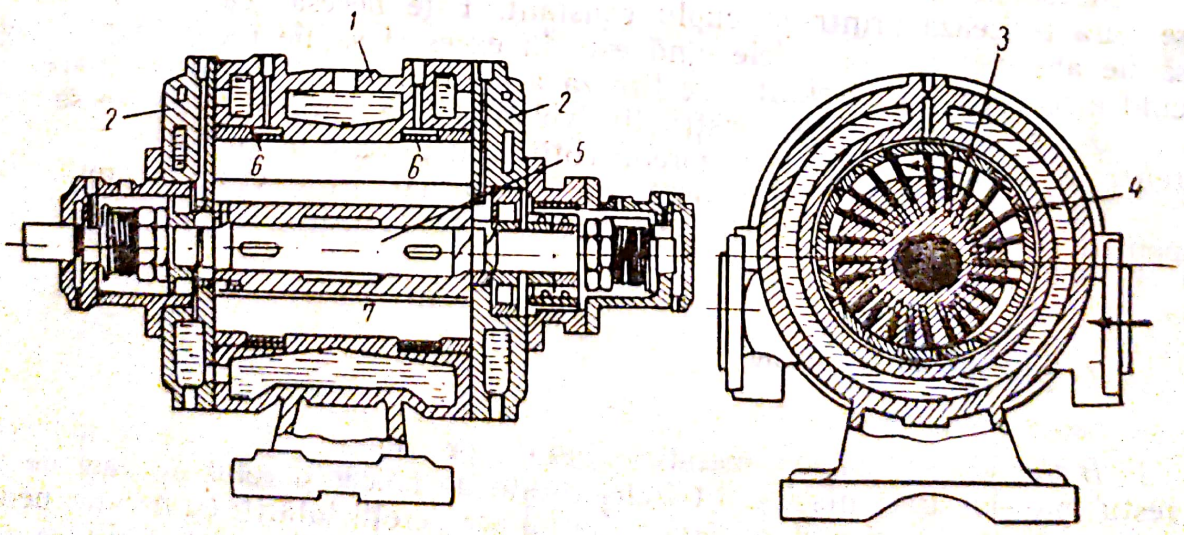


Fig. 250. Compresor rotativ cu răcire cu apă.

Fețele frontale se prelucrează îngrijit pentru a se putea realiza etanșarea cu ajutorul capacelor de închidere și a garniturilor de carton, clingherit sau azbest.

Capacele carcasei *2* sînt prevăzute și ele cu cămăși pentru circulația apei de răcire. Capacele au locașe amplasate excentric față de axul suprafeței interioare a carcasei, în care se montează lagărele axului. Pe unul din capace se montează presetupa, iar pe celălalt un capac.

Capacele se execută din același material cu carcasa.

Rotorul 3 este de formă cilindrică și are pe corpul său canale adînci cît 2/3 din raza sa, în care se montează paletele *4*. Canalele au lungimea egală cu lungimea rotorului. Poziția canalelor este tangențială față de un cerc interior.

Rotorul este străbătut de o gaură coaxială cu suprafața sa exterioară. Prin această gaură se montează prin presare arborele compresorului.

Rotorul se execută din oțel aliat.

Paletele 4 trebuie să fie cît mai rigide și să nu se deformeze, spre a aluneca ușor în canalele din rotorul *3*. Paletele se execută din oțel aliat tratat termic și sînt supuse unei prelucrări fine.

Arborele 5 se montează în interiorul rotorului, iar de o parte și de alta a rotorului pe arbore se montează rulmenții lagărelor. Un capăt al arborelui străbate presgarnitura și pe el se montează semicuplajul de antrenare.

Rotoarele trebuie să fie echilibrate pentru a nu se produce suprasolicitări periculoase ce apar în cazul dezechilibrării.

Inelele Witing 6 se montează în două canale ale carcasei, permițînd paletelor să se sprijine pe el și astfel să se poată reduce frecarea paletelor pe carcasă.

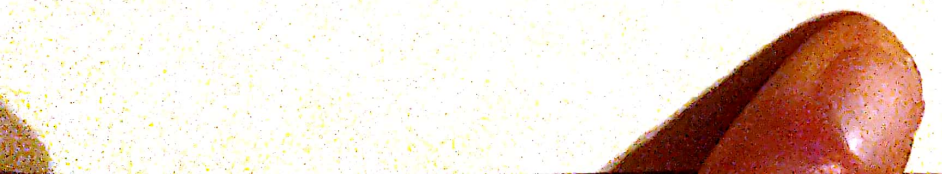
3. Organele compresoarelor centrifuge

Constructiv compresoarele centrifuge sînt asemănătoare pompelor centrifuge.

Unele compresoare centrifuge cu mai multe etaje se construiesc cu cămăși de răcire (v. fig. 237). Față de pompele centrifuge la aceste compresoare apare în plus cămașa de răcire *5* și colectorul de apă *8*.

G. UNGEREA COMPRESOARELOR

Suprafețele în mișcare ale pieselor unei mașini care vin în contact unele cu altele se ung pentru a se micșora frecarea și uzura lor, precum și pentru a se răci. În cazul segmenților pistoanelor, uleiul servește și pentru mărirea etanșeității dintre segmenți și cilindru.



1. Ungerea compresoarelor cu piston

Organele compresorului care trebuie unse sînt :
– organele cilindrilor compresorului ;
– organele mecanismului bielă-manivelă.

Ungerea cilindrilor de compresor se face cu un ulei special numit *ulei de cilindru.*

Procedeele de ungere a cilindrilor sînt :

Ungerea prin barbotare care se realizează prin stropii de ulei pe care îi aruncă manetoanele și contragreutățile arborelui cotit la cufundarea în uleiul din baie. Această ungere se aplică numai compresoarelor cu simplu efect și în special celor verticale de turații reduse. La acest tip de ungere nu se poate doza cantitatea de ulei din cilindri.

Ungerea prin injecția uleiului în gazele aspirate se realizează înjectîndu-se cu o pompă uleiul de ungere în conducta de aspirație a gazelor în cilindru. Uleiul dozat astfel în gazele de aspirație este antrenat împreună cu ele în compresor, unde se pulverizează și se depune pe pereți, asigurînd astfel ungerea.

Ungerea prin presiune se face trimițîndu-se uleiul prin conducte, cu ajutorul unei pompe speciale pentru ungere, în trei puncte situate pe suprafața cilindrului.

Uleiul folosit la ungerea compresoarelor lucrează în condiții grele datorită :
– temperaturii mari în cilindru ;
– suprafeței mari de contact a peliculei de ulei cu aerul sau gazele din cilindru.

În aceste condiții uleiul se evaporă, se oxidează și se descompune parțial, depunîndu-se pe pereții cilindrului sub formă de cocs de ulei.

Praful antrenat în compresor de aer sau gaze favorizează formarea cocsului.

La comprimarea gazelor naturale cu conținut mare de hidrocarburi grele, acestea se dizolvă în uleiul de ungere pe care îl fluidizează și din această cauză uleiul își pierde proprietățile de ungere.

Funcționarea majorității compresoarelor fără ungerea cilindrilor, duce la scoaterea lor din funcțiune în scurt timp și în anumite cazuri chiar la explozia lor.

Uleiul poate avea și rol de răcire în cazul cînd este trecut printr-un răcitor special, unde cedează căldura înmagazinată în compresor.

Ungerea mecanismului bielă-manivelă se face cu ulei obișnuit de mașini, care se află în carterul compresorului care formează baia de ulei.

Sistemele de ungere a mecanismului bielă-manivelă sînt :

Ungerea prin barbotare este aceeași ca și în cazul ungerii cilindrilor de compresor ; se obține prin scufundarea manetoanelor și a contragreutăților

în baia de ulei. Apoi prin azvîrlirea uleiului care rămîne pe piese, se unge atît mecanismul bielă-manivelă cît și cilindrii.

Ungerea prin presiune se face de către o pompă care aspiră uleiul din baie prin intermediul unui filtru pentru reținerea impurităților din ulei și îl refulează sub presiune prin conducte la locurile de ungere.

Ungerea prin presiune se aplică din ce în ce mai mult, în special compresoarelor de turație mare, la lagărele supuse la presiuni mari.

Ungerea prin barbotare este mai ieftină și se poate folosi numai la compresoarele mici de turație redusă.

2. Ungerea compresoarelor rotative și centrifuge

Aceste compresoare nu necesită sisteme speciale de ungere.

Lagărele acestor compresoare sînt în general lagăre cu rulmenți. Ungerea lagărelor cu rulmenți se face prin gresarea periodică cu unsoare.

H. RĂCIREA COMPRESOARELOR

Compresoarele trebuie să fie răcite pentru a se împiedica creșterea exagerată a temperaturii în interiorul lor.

Organele compresoarelor supuse răcirii sînt cilindrii și capacele lor. Răcirea se face cu apă în trei sisteme : închis, deschis, cu apă curentă sau cu aer.

Instalația de răcire în sistem deschis răcește apa într-un turn de răcire, în care apa vine în contact cu atmosfera.

În turnul de răcire apa este pulverizată și circulă de sus în jos. În contact cu aerul, apa cedează acestuia căldura și se răcește, iar aerul încălzindu-se și ridicîndu-se, asigură tirajul său natural.

Sistemul este dezavantajos datorită pierderii de apă prin evaporare în turnul de răcire și creșterea durității apei în mod continuu. Trebuie deci să se ia măsuri pentru completarea apei evaporate și dedurizarea ei.

Instalația de răcire cu circuit închis înlătură aceste inconveniente prin introducerea unui schimbător de căldură, care face ca apa ce răcește compresorul să nu mai ia contact cu atmosfera.

Răcirea cu apă curentă folosește apa de la conducta care după ce trece prin cămășile de răcire se scurge la canal. Se poate folosi numai pentru consumuri mici de apă și în cazul cînd apa este foarte curată.

Consumul mediu de apă al unui compresor este de 0,3 l/min.

Scanned with OKEN Scanner

I. MONTAREA, PROBA, PORNIREA, EXPLOATAREA, ÎNTREȚINEREA, REVIZIA ȘI REPARAREA COMPRESOARELOR

1. Montarea compresoarelor

Compresoarele fixe indiferent de tipul constructiv se montează pe fundații de beton independente (care să nu aibă legătură cu fundația clădirii în interiorul cărora sînt montate).

Pentru satisfacerea nevoilor ocazionale de aer comprimat se construiesc motocompresoare transportabile. Motocompresoarele sînt construite așa cum le arată și numele, dintr-un motor cu ardere internă, de obicei Diesel și un compresor de aer cu pistoane în trepte, cuplate între ele, printr-un ambreiaj care permite oprirea temporară a compresorului fără a fi nevoie și de oprirea motorului. Atît motorul cît și compresorul se montează pe un șasiu amplasat pe o osie cu două roți pe pneuri. Motocompresorul este dotat cu un radiator și o pompă centrifugă pentru circularea apei de răcire a compresorului, cu un răcitor cu apă pentru răcirea aerului comprimat și un rezervor tampon care acumulează aerul comprimat.

a. Montarea compresoarelor cu piston

Montarea unui compresor de aer folosit pentru nevoile curente de aer comprimat ale rafinăriilor și fabricilor chimice se face ca în schema din figura 251.

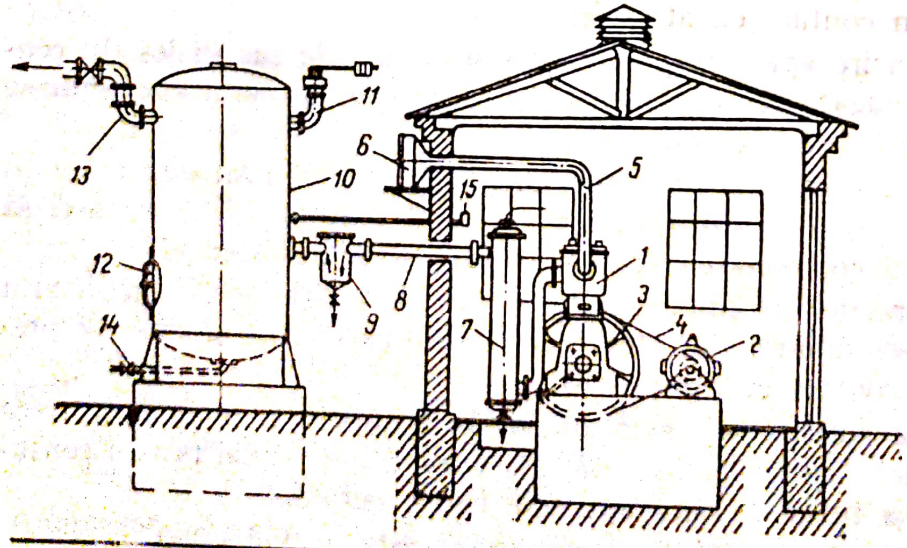


Fig. 251. Schema instalației unui compresor de aer.

Compresorul *1* se montează într-o încăpere separată pe o fundaţie comună cu cea a motorului electric *2*, dar complet separată de fundaţia clădirii. Transmisia puterii de la motor la compresor se face prin intermediul roţii de curea *3*, de către cureaua de transmisie *4*. Aspiraţia se face prin conducta *5* după ce mai întîi aerul trece prin filtrul *6*. Aerul comprimat este răcit de către răcitorul *7*, iese din încăpere prin conducta *8* şi după ce este curăţit de ulei şi picături de apă de către separatorul *9* intră în rezervorul tampon *10*. Rezervorul tampon este prevăzut cu următoarele instalaţii anexe: supapa de siguranţă *11*, gura de vizitare *12*, conducta de distribuţie a aerului comprimat *13*, conducta de purjare *14*, conducta şi robinetul de scurgere a rezervorului tampon de ulei şi apă şi manometrul *15*.

Montarea propriu-zisă a unui compresor orizontal cu cap de cruce se face în următoarea ordine:

– se montează batiul pe fundaţie verificîndu-se orizontalitatea lui şi apoi lagărele şi arborele cotit;

– se fixează glisiera pe batiu, se verifică cu nivela orizontalitatea longitudinal şi transversal, devierile mai mari de 0,1 mm la 1 m, îndreptîndu-se cu garnituri şi apoi se înşurubează în batiu;

– se strînge lagărul bielei de la fusul arborelui cotit astfel ca să se rotească greu, iar celălalt capăt se montează la capul de cruce după care se verifică centrajul găurii capului de cruce cu lagărul bielei, prin introducerea şi fixarea bolţului;

– se montează capacul cilindrului la batiu, se aşază cilindrul pe prezoane şi se strînge cu piuliţele respective. Se aşază garnitura de etanşare, se montează bucşele şi se strîng uşor. Se montează pe piston segmenţii în canalele respective şi tija pe bolţ. Se unge cu ulei de cilindru atît interiorul cilindrilor cît şi al pistoanelor cu segmenţi. Se introduce încet pistonul în cilindru strîngînd segmenţii şi rotind pistonul fără a-l lovi;

– se împinge pistonul în interiorul cilindrului pînă cînd capătul tijei ajunge în gaura capului de cruce. Se verifică poziţia strict orizontală a tijei şi eventual se centrează cu garnituri ce se aşază între glisieră şi batiu, apoi tija se înşurubează în corpul capului de cruce. După reglarea spaţiului mort, se fixează tija cu ajutorul piuliţei şi apoi se strîng garniturile de etanşare în mod definitiv;

– se montează supapele pe rînd în locaşurile lor, cu garnituri de clingherit sau de cupru-azbest, apoi se fixează capacul;

– se montează volantul;

– se curăţă, se verifică şi se aşază rezervorul tampon la locul lui şi se uneşte cu conducta de presiune. Se face încercarea de probe la presiunea hidraulică a rezervorului;

– se montează filtrul de aer, ţevile de admisie şi cele de refulare, instalaţia de apă, instalaţia de ungere, pompa de ulei, manometrul şi restul armăturilor.

Scanned with OKEN Scanner

b. Montarea compresoarelor rotative și centrifuge

Compresoarele rotative și centrifuge nu prezintă dificultăți deosebite la montaj. Datorită gabaritelor și greutăților mai mici în comparație cu compresoarele cu piston, precum și lipsei mișcării alternative, necesită fundații mai mici.

Ventilatoarele produc în exploatare zgomot mare și vibrații ca urmare a unei echilibrări necorespunzătoare a rotorului ventilatorului, a unei centrări defectuoase sau a vîrtejurilor din curentul de aer.

Atenuarea vibrațiilor și deci a zgomotului se realizează prin echilibrarea rotoarelor, centrarea corectă, precum și prin următoarele măsuri :

– așezarea ventilatoarelor pe fundații prin intermediul unor dispozitive de amortizare ca : 4 pînă la 8 vibroamortizoare de cauciuc (fig. 252, *a*), pe un număr egal de resoarte metalice (fig. 252, *b*) sau un planșeu de beton cu plăci de plută (fig. 253) ;

– legarea tuburilor de ventilație prin burdufuri amortizoare din piele, textile sau cauciuc.

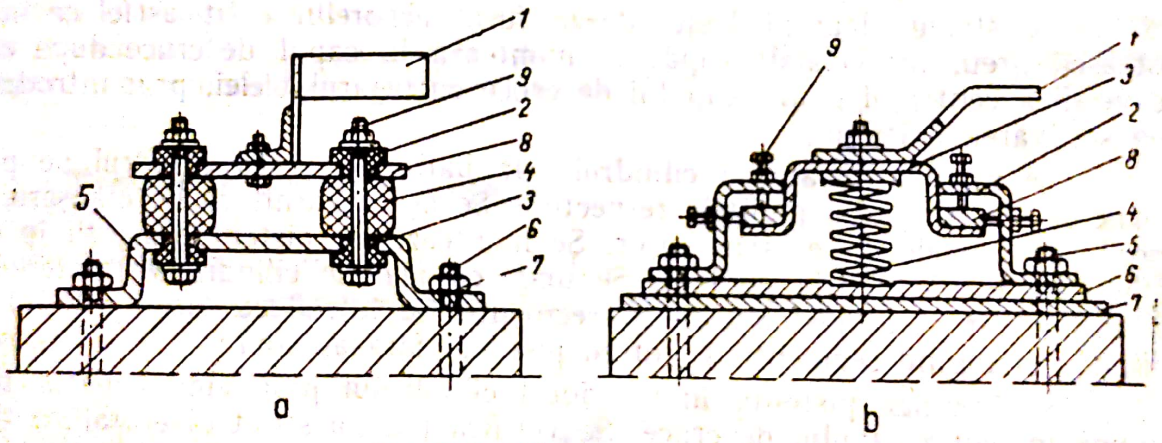


Fig. 252. Vibroamortizoare :

a — de cauciuc : *1* — rama și suportul metalic al ventilatorului ; *2, 3, 4* — rondele de cauciuc care formează vibroamortizorul propriu-zis ; *5* — scoabă metalică ; *6* — șurub de fundație cu piuliță *7* ; *8* — placă de fixare ; *9* — șurub de asamblare ; *b* — cu resoarte metalice : *1* — rama de bază a ventilatorului ; *2* — piesă de fixare ; *3* — pahar ; *4* — resort spiral ; *5* — șurub de fundație ; *6* — placă de cauciuc ; *7* — placă metalică ; *8* — rondelă ; *9* — șurub.

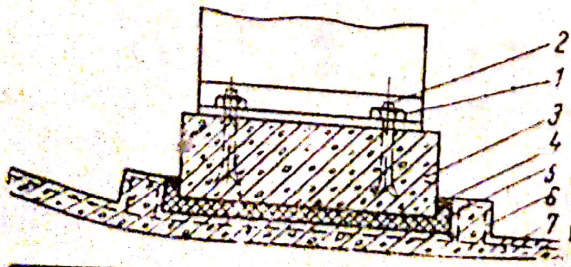


Fig. 253. Sistem elastic de așezare a ventilatoarelor pe planșeu de beton cu plăci de plută : *1* — rama și corpul ventilatorului ; *2* — șuruburi de fundație ; *3* — fundația de beton a ventilatorului ; *4* — izolație de bitum ; *5* — plăci de plută ; *6* — ramă de beton armat ; *7* — planșeu de beton.

2. Proba sau încercarea compresoarelor cu piston

Compresoarele se supun aceloraşi probe ca şi pompele: încercarea de presiune şi încercarea de funcţionare atît după montare, cît şi după reparaţiile capitale.

Ordinea operaţiilor de încercare a compresoarelor este următoarea:

— se introduce apă în instalaţia de răcire deschizînd robinetul de apă şi verificînd dacă apa se scurge prin conducta de scurgere;

— se introduce ulei de maşină în carterul compresorului pînă la linia de nivel şi ulei de compresor în pompa de ungere a cilindrilor. Se pompează cu mîna pînă cînd uleiul ajunge la locaşul de ungere;

— se controlează montajul rotind volantul cu mîna de cîteva ori;

— se demontează supapele de aspiraţie, se cuplează motorul şi se lasă să meargă în gol timp de 15 min. În acest timp se fac următoarele verificări: se măsoară cu manometrul presiunea uleiului pompat şi se compară cu cea normală; se ascultă să nu existe zgomote în compresor sau bătăi în cilindru, în capul de cruce sau la manivelă;

— se opreşte compresorul, se scot capacele şi se verifică încălzirea lagărelor principale şi ale bielei. După remedierea eventualelor defecte se porneşte din nou;

— după o oră de funcţionare compresorul se opreşte şi se verifică din nou lagărele;

— compresorul se porneşte, se lasă să funcţioneze trei ore după care se opreşte şi se verifică încălzirea şi fixarea pieselor, se înlătură jocurile prea mari din lagăre şi din glisieră, se verifică funcţionarea instalaţiei de ungere şi a instalaţiei de apă;

— se montează supapele de aspiraţie şi se porneşte compresorul. După o funcţionare sub sarcină timp de circa 45 min se controlează dacă pompa de ulei asigură presiunea necesară, dacă se obţine presiunea de refulare, dacă îmbinările sînt etanşe, atît la aer, la apă, cît şi la ulei. Se reglează debitul apei de răcire. Se remediază defectele constatate. Se verifică îmbinările, strîngerea lagărelor, se strîng garniturile de etanşare, se elimină jocurile constatate.

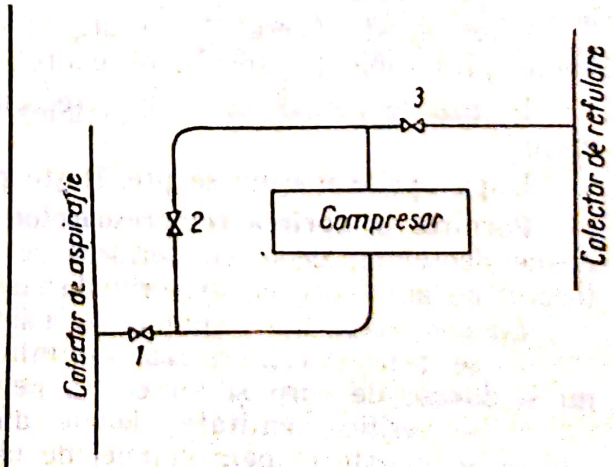


Fig. 254. Claviatură de compresor cu conductă de ocolire.

Se scurge uleiul murdar și se introduce ulei curat în carter și în rezervorul pompei cilindrilor.

Se pune compresorul din nou în funcțiune timp de 3–4 h în care timp se examinează modul de funcționare al fiecărui mecanism și al fiecărei piese.

3. Pornirea compresoarelor

Pornirea compresoarelor cu piston. Se execută mai întîi reglarea debitului apei de răcire, completarea uleiului în baie și la ungătoare și se manevrează de cîteva ori manual pentru ungerea cilindrilor.

Pornirea compresoarelor se face în gol și numai după ce se atinge turația normală se trece să lucreze în sarcină.

Compresorul va fi prevăzut cu o conductă de ocolire care să facă legătura direct între conducta de aspirație și cea de refulare (fig. 254) pentru a se putea face pornirea în gol. Pornirea compresorului se face cu robinetele *1* și *3* închise, iar robinetul *2* deschis, compresorul aspirînd și refulînd în conducta de ocolire deci mergînd în gol.

Cînd ajunge la turația normală pentru a trece la mersul în sarcină, se închide robinetul *2* și se deschide robinetul de refulare *3* și robinetul de aspirație *1*.

Oprirea compresoarelor cu piston se realizează efectuîndu-se următoarele operații :

- se închide robinetul de aspirație ;
- se deschide robinetul conductei de ocolire ;
- se închide robinetul de refulare.

După aceste operații se scurg la coș gazele din compresor și din conducte, prin robinetul special de golire.

În caz de pericol de îngheț, se scurge apa de răcire din toate organele mașinii.

După oprire mașina se pregătește pentru o nouă pornire.

Pornirea și oprirea compresoarelor rotative și centrifuge nu pun probleme deosebite, deoarece pornirea se realizează prin simpla pornire a motorului de antrenare cu ajutorul dispozitivului de pornire.

La pornire se iau următoarele măsuri :

- se rotește compresorul cu mîna pentru a se verifica dacă paletele nu se lovesc de corp și nu există pericolul de gripare a paletelor în corp ;
- se verifică cantitatea de ulei din pompă și se completează eventual ;
- se rotește maneta pompei de ulei pentru a se injecta uleiul în compresor și în indicatoarele circulației uleiului și se verifică admisia acestuia spre fiecare loc de ungere ;

Scanned with OKEN Scanner

– se deschide ventilul de pe conducta de apă de aducțiune și se urmărește scurgerea apei prin țevile de scurgere care indică astfel umplerea sistemului ;

– se deschid ventilele de pe conducta de apă de aducțiune și de pe conducta de refulare ;

– se trece compresorul la mers în gol, în care scop se ridică pînă la opritor pistonul regulatorului și se fixează în această poziție cu ajutorul unui știft ;

– se pornește motorul și cînd se obține turația normală, se coboară pistonul regulatorului.

La oprire se execută următoarele operații :

– se trece compresorul la mers în gol ;

– se închide ventilul prin care vine apa de răcire ;

– se oprește motorul electric ;

– se închide ventilul de pe conducta de refulare.

La opriri accidentale se oprește întîi motorul și numai după aceea se închid ventilele de pe conducta de circulație a apei de răcire.

4. Exploatarea și întreținerea compresoarelor

a. Supravegherea funcționării compresoarelor cu piston

Mecanicul trebuie să urmărească în timpul funcționării compresoarelor corecta lor funcționare, ungerea și răcirea lor, atît prin supravegherea directă vizuală și auditivă, cît și prin citirea aparatelor de măsură și control.

Controlul la compresoare se va face în special asupra :

– presiunii gazelor la aspirație, refulare și la etajele intermediare ;

– presiunii uleiului ;

– presiunii apei de răcire ;

– nivelul uleiului în baie și ungător ;

– temperaturii uleiului înainte și după răcitor ;

– temperaturii gazelor la aspirație și refulare ;

– numărului de picături la ungător ;

– curățirii filtrului de ulei prin rotirea mînerului său ;

– etanșeității supapelor de aspirație care nu trebuie să fie calde ;

– șuruburilor de fundație care nu trebuie să se slăbească ;

– să nu producă bătăi anormale sau alte defecte.

Controlul compresoarelor cu ajutorul diagramelor indicate permite determinarea unor defecțiuni de funcționare a compresorului.

Scanned with OKEN Scanner

b. Întreținerea compresoarelor cu piston

În timpul funcționării apar defecțiuni care se manifestă prin: bătăi în cilindrii sau corpul compresorului, încălzirii anormale a lagărelor, a cilindrilor, tijelor, mers anormal etc. Aceste defecțiuni trebuie identificate și remediate.

Bătăile în lagăre se datoresc uzurii fusului lagărului, a fusului manivelei sau a bolțului și se remediază prin reglarea lagărelor sau înlocuirea bucșei și bolțului.

Încălzirea lagărelor peste temperatura normală se datorește defecțiunilor la ungere ca: pompa de ulei defectă, lagăre ajustate necorespunzător sau prea strînse, ulei murdar, presiune de ulei prea mică etc.

Încălzirea cilindrilor se poate datora răcirii insuficiente ca urmare a depunerii de piatră în cămașa de răcire sau ungeriii necorespunzătoare a pistonului.

c. Întreținerea compresoarelor rotative și centrifuge

Uzura compresoarelor rotative și centrifuge este mai redusă față de cea a compresoarelor cu piston. Uzura normală se produce în lagăre și după un timp mai îndelungat și la palete.

Uzuri anormale pot să apară în cazul cînd gazele comprimate conțin impurități corosive sau pulberi.

În acest scop, gazele se curăță în separatoare și filtre de praful, uleiul și apa care le conțin.

Defectele mai des întîlnite la aceste compresoare sînt:

– bătăi în interiorul compresorului datorită unor palete rupte sau a dezechilibrării rotorului;

– încălzirea lagărelor ca urmare a ungerii insuficiente sau a gripării lor;

– încălzirea anormală a conductei de refulare datorită răcirii insuficiente la răcitorul intermediar;

– ruperea axului în cazul unei insuficiente echilibrări a rotorului sau datorită ambalării compresorului la turația critică a arborelui.

d. Supravegherea funcționării compresoarelor rotative și centrifuge

Constă ca și la compresoarele cu piston în special în urmărirea presiunii și temperaturii, a ungerii, a răcirii cu apă și în plus a comportării rulmenților.

Scanned with OKEN Scanner

Temperatura rulmenţilor nu trebuie să fie mai mare de 90°C. Dacă temperatura depăşeşte această limită, indică o funcţionare anormală şi compresorul trebuie oprit şi defectul înlăturat.

Uleiul folosit pentru ungere trebuie să aibă temperatura de inflamabilitate cu 60°C mai mare decît temperatura de refulare.

Uleiul trebuie să fie curat. În acest scop pompa de ulei trebuie umplută cu ulei ce a fost trecut în prealabil printr-o sită aşezată în gîtul capacului rezervorului.

5. Revizia şi repararea compresoarelor

a. Uzurile şi avariile compresoarelor cu piston

În timpul funcţionării, organele care se uzează prin frecare şi care trebuie înlocuite cu ocazia reviziilor periodice sînt: garniturile de etanşare, segmenţii pistoanelor, tijele pistoanelor, cuzineţii lagărelor principale şi ale bielei, căptuşelile capetelor de cruce, pistoanele, cilindrii sau bucşele lor, supapele de aspiraţie şi refulare.

În afară de uzurile normale, pot apare avarii ca deformării de biele, spargeri de cartere, de cilindri, gripări de cilindri şi pistoane, deformări la tijele de piston, deformări sau ruperi de arbori cotiţi, datorită următoarelor cauze:

– slăbirea şuruburilor de fundaţie;
– slăbirea şuruburilor de asamblare de la lagărele principale de bielă şi de la capetele de cruce;
– lipsa de ungere;
– răcirea insuficientă.

Avariile pot fi evitate printr-o întreţinere şi supraveghere atentă a funcţionării. La defecţiunile semnalate se determină cauzele şi se înlătură defectele.

b. Reviziile şi reparaţiile curente ale compresoarelor cu piston

Se execută la interval de una sau două luni şi constau din următoarele operaţii:

– demontarea supapelor compresorului şi lustruirea lor;
– curăţirea de cocs de ulei a casetei supapelor;
– demontarea şi curăţirea răcitoarelor de ulei şi a răcitoarelor intermediare;
– demontarea şi curăţirea filtrului şi a conductelor de ulei;

Scanned with OKEN Scanner

– curățirea de piatră a cămășilor de răcire de la cilindrii compresorului;
– înlocuirea garniturilor la presgarnituri;
– reglarea și strîngerea lagărelor principale și de bielă;
– strîngerea șuruburilor de fundație.

c. Reparațiile medii ale compresoarelor cu piston

Se execută la intervale de 6 pînă la 12 luni. La aceste reparații pe lîngă operațiile care se execută la reparațiile curente, se execută în plus:

– demontarea pistoanelor, verificarea uzurii segmenților și înlocuirea celor uzați;
– demontarea lagărelor de bielă, ajustarea cuzineților și remontarea lor;
– demontarea capetelor de cruce, înlăturarea jocului patinelor și remontarea lor;
– demontarea și reglarea supapelor de siguranță.

d. Reparațiile capitale ale compresoarelor cu piston

Se execută la intervale de 1–2 ani și comportă pe lîngă operațiile indicate la reparațiile medii următoarele:

– demontarea completă a mașinii;
– controlul și rectificarea fusurilor și manetoanelor arborelui cotit;
– înlocuirea și ajustarea cuzineților la lagărele principale și la bielă;
– demontarea și revizia pompei de ulei;
– demontarea și revizia capului de cruce.

e. Repararea diferitelor piese ale compresoarelor cu piston

Cilindrii se uzează și se ovalizează după un timp de funcționare. Uzura este mai mare în cazul unei răciri necorespunzătoare, a unei ungeri insuficiente sau a folosirii de ulei cu impurități.

Dintre avarii zgîrieturile și crăpăturile se produc mai des.

Înlăturarea crăpăturilor se face prin sudare, iar zgîrieturile și uzurile se înlătură prin rectificare la un diametru mai mare. Dacă pereții sînt slăbiți prin rectificări repetate se bucșează. Cilindrii prevăzuți cu bucșe se rectifică asemănător, iar cînd bucșele se subțiază sub limita admisă, se înlocuiesc cu bucșe noi.

Scanned with OKEN Scanner

Pistoanele se uzează pe diametrul exterior la segmenți și la lagărul de bolț.

Reparația pistoanelor se face numai după recondiționarea cilindrilor respectivi pentru a se stabili diametrul lor (cu formula 215), în funcție de noul diametru al cilindrilor.

Pistoanele se strunjesc din semifabricate turnate special, sau în cazul bucșării, din pistoane utilizate, dar fără crăpături.

Se execută segmenți noi la noile dimensiuni ale pistonului și se montează în canalele speciale din piston, în care trebuie să se deplaseze ușor, dar fără joc.

În canalele lor, segmenții se rotesc astfel ca tăieturile lor să se repartizeze uniform pe periferia pistonului.

Tijele de piston se uzează prin frecare în presgarnituri, se pot zgîria de corpuri străine care pătrund în presgarnituri și se pot îndoi sau deteriora la filet.

Tijele uzate sau zgîriate se rectifică, iar cele îndoite sau cu filetul rupt, se înlocuiesc.

Garniturile de etanșare ale presgarniturilor se înlocuiesc la fiecare reparație.

Supapele se repară prin rectificarea scaunelor și înlocuirea celorlalte piese uzate ca : arcuri sparte, plăci crăpate etc.

Batiul poate să prezinte crăpături care se repară prin sudare.

Glisierele, bielele, arborele cotit și lagărele respective se repară în modul descris la pompele cu piston.

f. Repararea pompelor rotative și centrifuge

Montarea după fiecare reparație capitală este urmată înainte de punerea în funcțiune de o încercare a compresoarelor. Se verifică în timpul probei buna funcționare a compresorului, care nu trebuie să prezinte bătăi, zgomote și trepidații. Se verifică debitul, presiunea de refulare, temperatura de încălzire a lagărelor și a gazelor refulate.

J. NORMELE TEHNICE DE PROTECȚIA MUNCII

Instalațiile de compresoare din industria chimică și rafinăriile de petrol se caracterizează prin prezența în multe cazuri a gazelor toxice și explozive, în care caz trebuie să se ia măsuri speciale la utilizarea focului sau curentului electric.

Măsuri de tehnică a securității muncii care trebuie luate la stațiile de compresoare :

– organele în mișcare vor fi protejate prin apărători adecvate ;

– bazinele de apă ale compresoarelor vor fi prevăzute cu balustrade de protecție ;

– nu se admite prezenţa vreunui organ de închidere între recipientul tampon şi supapa de siguranţă ;

– supapele de siguranţă se reglează pentru a se deschide la o presiune cu 5% peste presiunea de regim ;

– conductele de descărcare a supapelor trebuie să se termine în afara clădirii compresoarelor ;

– instalaţia de compresoare va fi prevăzută cu manometre şi termometre pe conductele de alimentare şi refulare la treptele intermediare, pe colectorul de apă de răcire etc. ;

– conductele de scurgere ale staţiei de compresoare vor fi conduse la un colector comun legat la coşul de evacuare ;

– temperatura apei de răcire nu va depăşi 45°C ;

– oprirea motoarelor electrice şi ale pompelor de apă vor fi semnalizate cu dispozitive speciale de alarmă.

Exerciţiul nr. 1

Să se calculeze debitul aspirat de un compresor cu un singur cilindru şi cu simplu efect, avînd diametrul cilindrului 200 mm, cursa 300 mm, turaţia arborelui cotit 360 rot/min, cunoscîndu-se că randamentul volumetric λ este 0,94.

Rezolvare

Se foloseşte formula 201 :

$$Q_a = n \cdot \lambda \frac{\pi \cdot D^2}{4} i \cdot c = \frac{360}{60} \cdot 0{,}94 \frac{3{,}14 \cdot 0{,}2^2}{4} \cdot 1 \cdot 0{,}3 = 0{,}053 \ \text{m}^3/\text{s}$$

Exerciţiul nr. 2

Să se calculeze la compresorul din exerciţiul 1, puterea mecanică indicată şi puterea necesară motorului electric, cunoscîndu-se că gradul de compresie r este 4,5, gazul comprimat este aer, randamentul mecanic al compresorului este 0,88, iar al transmisiei 0,95 şi presiunea de aspiraţie este 1 kgf/cm².

Rezolvare

Puterea indicată se calculează cu formula 204 :

$$P_i = \frac{m}{m-1} \cdot 10\,000 p_a \cdot Q_a \left[r^{\frac{m-1}{m}} - 1 \right] \quad [\text{kgfm/s}]$$

$$P_i = \frac{1{,}25}{1{,}25-1} 10\,000 \cdot 1 \cdot 0{,}053 \left[4{,}5^{\frac{1{,}25-1}{1{,}25}} - 1 \right] = 3\,140 \ \text{kgfm/s}$$

Puterea necesară motorului, în kW, se calculează cu formula 210 :

$$P_m = \frac{P_i}{102 \cdot \eta_m \cdot \eta_{tr}} = \frac{3\,140}{102 \cdot 0{,}88 \cdot 0{,}95} = 37 \ \text{kW}.$$

Exerciţiul nr. 3

Să se calculeze debitul unui compresor rotativ care are $D = 500$ mm ; $Z = 16$; $\delta = 3$ mm ; $e = 40$ mm ; $b = 800$ mm ; $n = 720$ rot/min ; $\lambda = 0{,}94$.

Rezolvare

Se utilizează formula 211 :

$$Q = 2 \cdot \lambda \cdot n \cdot e \cdot b(\pi D - \delta \cdot z) \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

Scanned with OKEN Scanner

$$Q=2\cdot 0{,}94\cdot\frac{720}{60}\cdot 0{,}04\cdot 0{,}8\,(\pi\cdot 0{,}5-0{,}003\cdot 16)\approx 1\ \text{m}^3/\text{s}$$

Exercițiul nr. 4

Să se calculeze puterea compresorului din exercițiul nr. 3, cunoscîndu-se că presiunea de aspirație este 1 kgf/cm², presiunea de refulare 3 kgf/cm², iar randamentul izoterm total 0,6.

Rezolvare

Se folosește formula 213:

$$P=\frac{Q\cdot 10\,000 p_a\cdot \lg\frac{p_r}{p_a}}{102\cdot\eta_{is}}=\frac{1\cdot 10\,000\cdot 1\cdot \lg\frac{3}{1}}{102\cdot 0{,}6}=78\ \text{kW}$$

Întrebări recapitulative

1. Care sînt tipurile de compresoare ?
2. Care este principiul de funcționare al compresoarelor cu piston ?
3. Ce pierderi se produc în compresor ? Care sînt randamentele compresorului ?
4. Care este principiul de funcționare al compresoarelor cu mai multe trepte ?
5. După ce criterii se clasifică compresoarele cu piston ?
6. Ce tipuri constructive de compresoare cu piston cunoașteți ?
7. Care este construcția și funcționarea compresoarelor rotative ?
8. Ce sînt compresoarele centrifuge și cum se clasifică ?
9. Dar pompele de vid ?
10. Care sînt organele compresoarelor cu piston ?
11. Dar ale compresoarelor rotative și centrifuge ?
12. Care sînt sistemele de ungere ale compresoarelor ?
13. La ce probe se supun compresoarele ?
14. Cum se face pornirea și oprirea compresoarelor ?
15. Ce elemente se supraveghează la compresoare ?
16. Care sînt organele supuse uzurilor normale la compresoare ?
17. Ce operații se fac în cadrul reparațiilor curente, medii și capitale ?
18. Cum se repară diferitele piese ale compresoarelor cu piston ?
19. Ce măsuri de tehnica securității muncii trebuie luate la construcția și exploatarea instalațiilor de compresoare ?

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul XI AGITATOARE ŞI AMESTECATOARE

A. GENERALITĂŢI ŞI CLASIFICARE

În industria chimică şi petrolieră, în majoritatea fazelor de fabricaţie intervin mai multe materiale care concură la obţinerea emulsiilor, suspensiilor, precum şi a amestecurilor de substanţe solide şi în care *amestecarea* este un proces auxiliar, care creează condiţii optime desfăşurării simultane a procesului principal. Prin amestecare viteza reacţiilor chimice între diferitele substanţe din amestec este accelerată şi dacă în timpul procesului de fabricaţie, se urmăreşte în acelaşi timp şi încălzirea sau răcirea substanţelor, atunci agitarea favorizează mult transmiterea căldurii.

De asemenea agitarea produce omogenizarea amestecurilor, spălarea, dizolvarea, unele schimbări fizice (cristalizarea, floculareа).

Condiţiile amestecării diferă după starea fizică a materialelor, după proprietăţile lor şi după produsul care trebuie să rezulte.

Termenul de *agitare* se aplică amestecării lichidelor între ele şi lichidelor cu solidele, iar cel de *malaxare*, la amestecurile cu consistenţă mare. Termenul de *amestecare* este folosit în mod restrîns pentru amestecarea solidelor. Aparatele se numesc respectiv : agitatoare, malaxoare, amestecătoare. Uneori prin agitator se înţelege numai dispozitivul care produce agitarea, fără recipientul respectiv.

Amestecarea gazelor se produce simplu, datorită mişcării dezordonate a moleculelor acestora. Prin transportul lor în conducte, gazele se amestecă de la sine. Uneori pentru mărirea gradului de amestecare se montează pe circuitul gazelor dispozitive speciale formate din şicane, duze, injectoare, suflante de amestec.

Amestecarea în mediul lichid reprezintă amestecarea unui lichid cu un gaz, al unui lichid cu altul sau a unui lichid cu granule sau pulberi. Indiferent ce fel de amestecare în mediul lichid este, ea poate fi : *pneumatică, prin circulaţia fluidelor şi mecanică.*

Amestecarea în fază solidă se realizează prin malaxare sau sfărîmare, adică prin acţiuni complexe de întinderi, ruperi, striviri şi frecări, în scopul ca porţiuni din material să se întrepătrundă prin omogenizare.

Scanned with OKEN Scanner

B. CONSTRUCȚIA ȘI CALCULUL AGITATOARELOR ȘI AMESTECĂTOARELOR

1. Agitatoare

a. Agitarea pneumatică

Agitarea mediului lichid în acest caz este provocată de un gaz sub presiune. Gazul este introdus prin țevi găurite în partea inferioară a recipientului, în care se află lichidul respectiv și produce *barbotarea* acestuia. Barbotorul poate fi format dintr-una sau mai multe țevi, perforate pe unde ies gazele în lichid, agitîndu-l. Agitarea pneumatică mai poate fi realizată folosind injectoarele de gaze sau dispozitive acționînd pe principiul pompei mamut.

În cazul injectoarelor, amestecarea se produce, începînd cu interiorul aparatului și se continuă și în exterior.

Un alt tip de agitator care realizează o agitare mai uniformă și mai intensă, se execută din țevi dispuse orizontal, prevăzute cu multe orificii pentru ieșirea aerului (fig. 255). Țevile trebuie montate perfect orizontal, pentru ca aerul să învingă aceeași rezistență hidraulică și să iasă uniform din toate orificiile. Diametrul orificiilor se adoptă între 3 și 6 mm pentru evitarea înfundării acestora. În scopul micșorării pierderilor dăunătoare datorită șocurilor, este indicat ca orificiile să fie dispuse elicoidal de-a lungul barbotorului.

Dacă gazul motor este aburul, atunci se produce și o încălzire a lichidului.

Amestecarea pneumatică este limitată, deoarece debitul necesar de gaz pentru 1 m² secțiune a recipientului este de 0,4 – 1 m³/min și deci consumul de energie este mai mare decît în cazul amestecătoarelor mecanice.

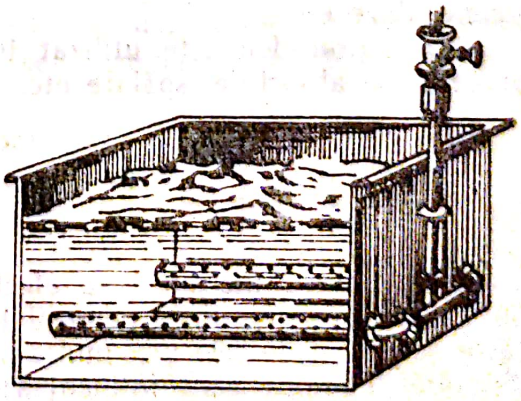


Fig. 255. Barbotor cu aer.

Barbotarea prezintă avantaje față de amestecarea mecanică în cazul în care lichidul amestecat se distinge printr-o activitate chimică mare încît poate provoca distrugerea rapidă a agitatorului mecanic.

b. Agitarea prin circulația fluidelor

Debitarea simultană a mai multor fluide, în aceeași conductă în timpul curgerii, produce amestecarea lor. Eficacitatea amestecării depinde de turbulența curgerii și de drumul parcurs, fiind proporțională cu acești doi factori.

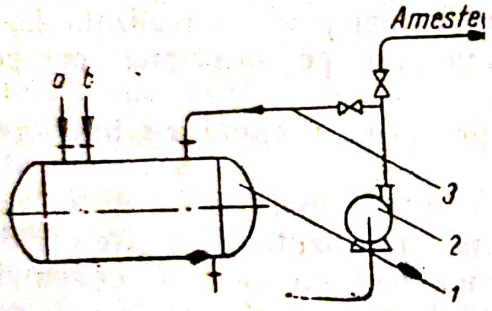


Fig. 256. Instalație de amestecare prin circulația fluidelor.

În figura 256 este redată o instalație de amestecare prin circulația fluidelor. Rezervorul *1* este alimentat cu lichidele *a* și *b*, de unde cu pompa *2*, sînt transportate la locul dorit.

La trecerea prin pompă, lichidele se amestecă. Dacă este necesar un grad mare de amestecare, se recirculă lichidul parțial prin conducta *3*. O astfel de instalație funcționează și discontinuu. Debitul pompei *2* se alege de trei sau patru ori mai mare decît suma debitelor de lichid *a* și *b*.

Dacă amestecarea poate fi mai puțin intimă, se pot monta pe conducte: șicane, duze etc.

Acest procedeu este utilizat în cazul amestecării lichidelor cu gaze în procesul de absorbție, spălare etc.

c. Agitarea mecanică

Amestecarea mecanică se efectuează cu ajutorul *agitatoarelor mecanice*. Se bazează pe formarea curenților care se produc atunci cînd un amestecător se mișcă, de cele mai multe ori rotindu-se în jurul unui arbore acționat dinafară. Factorii care influențează amestecarea sînt numeroși, dar experimental s-a dovedit că sînt suficiente numai cîteva tipuri de amestecătoare

cu ajutorul cărora să se obțină efectul dorit, cu minimum de energie și în timpul cel mai scurt.

Alegerea agitatoarelor este în funcție de eficacitatea amestecătorului, care de fapt reprezintă raportul optim între dimensiunile sale geometrice.

Un factor important de care trebuie să se țină seama în buna funcționare a utilajului este viteza periferică a amestecătorului:

$$v = \pi \cdot d \cdot n \quad [m/s] \qquad (218)$$

în care:

d este anvergura (lățimea sau diametrul) amestecătorului, în m;

n — turația, în rot/s.

De aici se poate deduce turația amestecătorului, astfel încît să fie respectată condiția cu privire la viteza periferică.

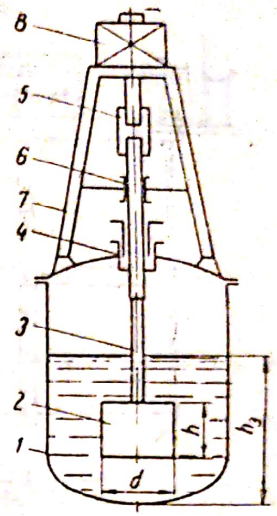


Fig. 257. Agitator cu palete.

După forma lor, amestecătoarele mecanice pot fi împărțite în mai multe grupe: amestecătoare cu palete, cu brațe, cu cadru, cu ancoră, cu elice, cu turbină, amestecătoare speciale.

Agitatoarele cu palete (fig. 257) sînt dintre cele mai simple. Într-un vas *1* paleta *2* este fixată la capătul axului *3* și se rotește odată cu acesta. Arborele străbate capacul aparatului prin cutia de etanșare *4* și lagărul *6* și este legat de dispozitivul de acționare *8* prin cuplajul *5*. Dispozitivul de acționare și arborele se fixează de vas prin suportul *7*.

Agitarea lichidelor se obține prin rotirea paletei.

Agitatoarele cu brațe au două sau mai multe brațe din oțel lat sau oțel cornier, montate perpendicular sau înclinat față de direcția lor de mișcare. În figura 258 este reprezentat un agitator cu șase perechi de brațe *1*, montate înclinat față de planul orizontal, fiecare pereche de brațe fiind decalată cu 90° față de perechea vecină. Platbandele *3*, cu șuruburile și cu penele *4*, fixează paletele de axul vertical *2*, care se reazemă la partea inferioară pe lagărul axial *5*.

Transmisia cu roți dințate *6*, este acționată cu ajutorul unei curele de transmisie. Aici iau naștere în special curenți orizontali de lichid.

Agitatoarele cu cadru se folosesc pentru o mai bună amestecare a lichidului. Ele pot fi cu palete orizontale și verticale (fig. 259). În cazul de față, paleta orizontală inferioară are o rază de curbură corespunzătoare cu raza de curbură a fundului aparatului.

Agitatorul ancoră este un tip special de agitator cu brațe, la care profilul brațelor corespunde cu forma fundului și a corpului aparatului. Diferite forme de agitatoare ancoră sînt prezentate în figura 260.

Scanned with OKEN Scanner

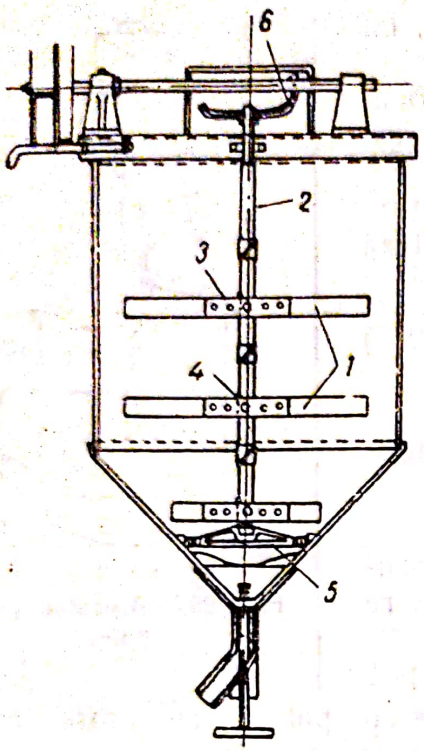


Fig. 258. Agitator cu brațe.

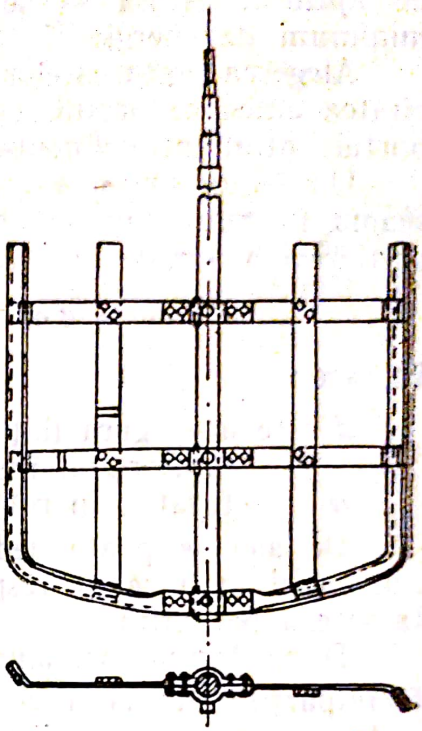


Fig. 259. Agitator cu cadru.

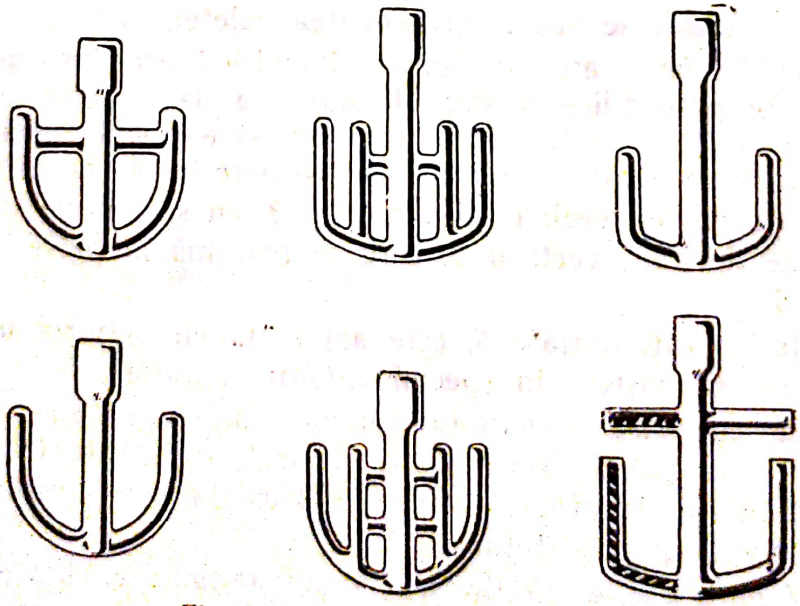


Fig. 260. Agitatoare ancoră.

Scanned with OKEN Scanner

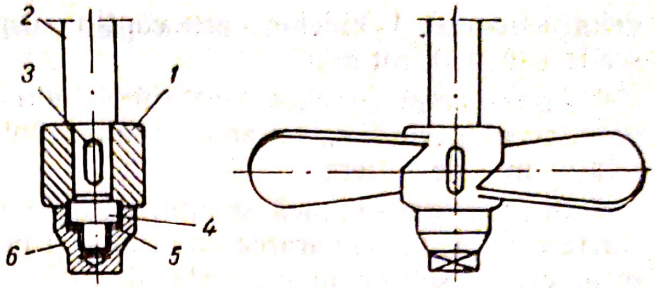


Fig. 261. Agitator cu elice :
1 — elice ; 2 — arbore ; 3 — pană ; 4 — piuliță ; 5 — șplint ; 6 — capac.

Agitatoarele cu elice (fig. 261) sînt recomandate pentru agitarea intensă a lichidelor cu viscozitate mică. Viteza periferică variază între 5 și 11 m/s. Palele agitatorului cu elice reprezintă un element al unei elice geometrice, iar elementul este o parte a unei suprafețe elicoidale.

Elicea de cele mai multe ori, este formată din două palete, așezate pe un butuc și fixate de axul agitatorului. Pasul elicei sau înălțimea paletei se determină cu formula :

$$h = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot \operatorname{tg} \alpha, \qquad (219)$$

în care :

r este raza circumferinței descrisă de paletă ;

α — unghiul de înclinație al paletei.

De obicei diametrul elicei este de 1/3 - 1/4 din diametrul aparatului. Există elice cu pasul constant și elice cu pasul variabil în lungul paletei.

La viteze mari de rotație a amestecătorului, lichidul se ridică în vas sub forma unei pîlnii. Acest fenomen se evită montîndu-se în interiorul vasului, de-a lungul generatoarelor șicane longitudinale sau înclinîndu-se arborele amestecătorului cu un unghi față de axul geometric al vasului. Dacă se construiește paleta agitatorului în formă de elice cu pasul variabil, permite o amestecare intensă în sfera de acțiune a elicei, în rest apărînd o diferențiere în agitare.

În cazul în care se urmărește o agitare intensă a întregului volum de lichid din aparat, se utilizează elicea cu pasul constant, adică o elice la care panta paletei se micșorează treptat. Astfel, amestecarea este mai puternică din cauza vitezei diferite a curenților de lichid și a schimbării multiple a direcției lor de mișcare, prin șocurile produse prin lovirea de fundul aparatului și de suprafața liberă a lichidului.

La aparatele la care raportul dintre înălțime și diametru este mare sau diametrul mai mare de 1 200 mm, precum și la aparatele care au conducte, sau serpentine se montează adesea *difuzoare*.

Difuzoarele sînt mantale tronconice în care se montează elicea, în scopul îmbunătățirii circulației lichidului

În scopul creării unei circulații energice a lichidului, agitatoarele cu elice, trebuie să efectueze o turație de 400 - 1 750 rot/min ; în cazul lichi-

delor vîscoase, lichidelor care conțin suspensii sau care spumează, turația scade sub 400 rot/min.

Agitatoarele cu alice sînt simple din punct de vedere constructiv, sînt economice privind executarea și au o turație mare, în cazul unui consum relativ mic de putere.

În industria chimică se utilizează în cazul amestecării lichidelor cu viscozitate mică, la prepararea emulsiilor și pentru agitarea unor precipitate care se găsesc în soluție în proporție de 10%.

În cazul lichidelor mai vîscoase, care trebuie agitate intens, se utilizează cu succes amestecătorul cu *bandă elicoidală* redat în figura 262. Mișcarea produsă de acest agitator este similară cu aceea produsă de o elice propriu-zisă.

Agitatoarele cu turbină sînt utilizate frecvent în industria chimică. Sînt de construcție diferită, dar se bazează pe un principiu de funcționare asemănător: aspirarea lichidului central-bilateral și distribuirea lui periferică.

Agitatorul cu turbină este format din una sau mai multe roți centrifuge montate pe un ax vertical. Fiecare roată are un număr cuprins între 6 și 16 palete plane sau curbate și dispuse radial.

În figura 263 este redat un agitator cu turbină cu palete drepte pentru lichide puțin vîscoase.

În timpul funcționării turbinei de tip închis, lichidul aspirat în turbină printr-un orificiu central al axului este refulat prin canalele interioare, din cauza forței centrifuge, de la centru spre periferie și iese din turbină cu viteză mare, tangențial la circumferința sa exterioară.

Agitatoarele cu turbină se folosesc la dizolvarea rapidă, la emulsionarea și la amestecarea lichidelor vîscoase. Dacă sînt prevăzute cu un dispozitiv director, se folosesc la procesele de dispersie, iar cînd sînt prevăzute cu barbotor se folosesc la procesele de reacție a unui gaz cu un lichid.

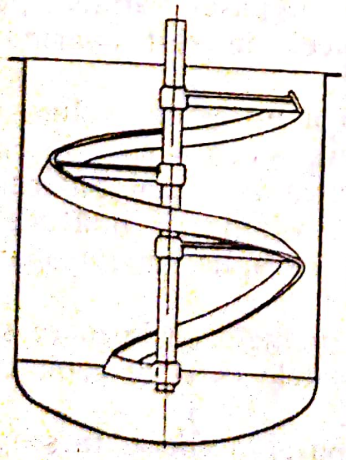


Fig. 262. Agitator cu bandă elicoidală.

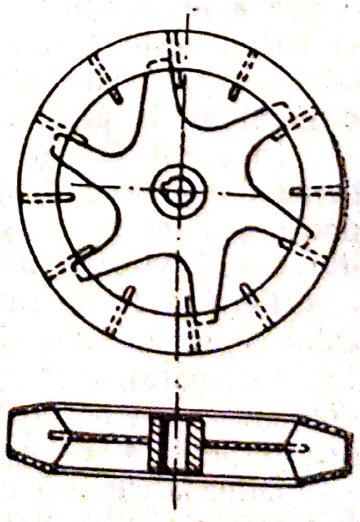


Fig. 263. Agitator cu turbină.

Scanned with OKEN Scanner

Deși sînt relativ scumpe, capătă o răspîndire din ce în ce mai largă în industrie, datorită eficacității lor mari.

Turația de regim poate ajunge la 1 000 rot/min, care corespunde unei viteze periferice de 5 pînă la 8 m/s.

d. Agitatoare speciale

– *Agitatorul tip Impeller* (fig. 264) se utilizează la agitarea amestecurilor cu cel puțin o fază lichidă.

Sistemul se compune din agitatorul propriu-zis *1* care poate fi echipat cu unul sau două spărgătoare de vîrtej *2*, cu posibilitatea de variație a nivelului de imersiune (variația poziției spre verticală) și a orientării.

Agitatoarele se aleg de obicei cu trei brațe, înclinate în sus cu un unghi de 10 – 15° față de planul normal la arbore.

Spărgătoarele de vîrtej servesc la accelerarea circulației pe verticală și împiedicarea formării vîrtejelor. Se pot utiliza și ca teci de termometru.

Lungimea brațelor spărgătoarelor de vîrtej se alege egală cu lungimea brațelor agitatorului.

Aceste agitatoare funcționează cu viteze periferice de 1,5 pînă la 11 m/s pentru lichide cu vîscozitate de la 1 la 100 000 cP (cP=centi Poise).

e. Caracteristici constructive ale agitatoarelor mecanice

Mărimea amestecătorului, în toate cazurile, se stabilește în raport cu diametrul interior al vasului, în care are loc amestecarea, iar în funcție de diametrul amestecătorului se aleg celelalte dimensiuni într-o anumită proporționalitate.

Agitatoarele se execută în funcție de forma lor constructivă și de modul în care acționează, din metale sau alte materiale prin turnare, sudură, îmbinare cu șuruburi etc.

Fixarea pe arbore se realizează cu ajutorul unor bucșe, pene, piulițe sau șuruburi de presare etc.

Agitatoarele sînt în majoritatea cazurilor acționate individual.

În cazul agitatoarelor cu turație mare, acestea se cuplează direct cu motorul electric. La celelalte tipuri de agitatoare, se utilizează un reductor, la care raportul de reducere este 1 : 2 pînă la 1 : 50.

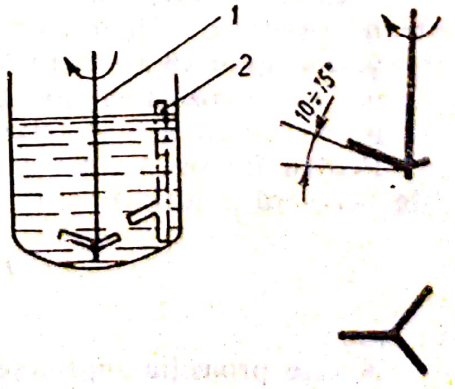


Fig. 264. Agitator tip Impeller.

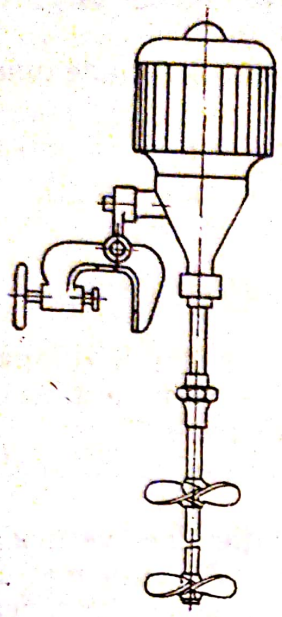


Fig. 265. Agitator portabil.

Dispozitivele moderne de acționare, sînt constituite dintr-un monobloc în care motorul electric și reductorul sînt cuprinse în aceeași carcasă.

Lungimea liberă a arborelui, nu trebuie să depășească de cinci ori distanța dintre lagărele arborelui, deoarece la turații mari se produc vibrații nepermise.

Citeodată este indicat să se folosească dispozitive de acționare portabile cu amestecătoare universale (fig. 265).

Cînd este necesar să se mențină în stare de agitare un volum mare de lichid, sînt folosite transmisiile planetare cu mișcări combinate de rotație și de revoluție.

Motoarele electrice utilizabile, sînt de tip obișnuit. Dacă mediul este exploziv, este necesar să se ia toate măsurile de prevedere pentru înlăturarea pericolului de explozie.

Stabilirea puterii motorului electric. Puterea necesară agitării, depinde de: mărimea amestecătorului, tipul constructiv, turația, viscozitatea și greutatea specifică a mediului, forma vasului și poziția amestecătorului, cantitatea de lichid etc.

Influența acestor factori a fost cercetată pe utilaje mici.

În cazul utilajelor mari, se pot aplica cele de mai sus, numai dacă au asemănare geometrică, sînt de același tip și între dimensiunile lor, este un raport constant.

Pentru calculul puterii se pleacă de la numărul lui Reynolds care în cazul amestecării se calculează cu expresia:

$$Re=\frac{n\cdot d^2\cdot\gamma}{\mu\cdot g}, \qquad (220)$$

unde:

d este diametrul descris de amestecător, în m (anvergura);
n — turația, în rot/s;
γ — greutatea specifică a lichidului, în kgf/m³;
μ — viscozitatea, în kgfs/m²;
g — accelerația gravitației, egală cu 9,81 m/s².

Pentru învingerea rezistenței mediului față de mișcarea unui corp solid este necesară o forță exprimată prin:

$$F=c\cdot A\frac{v^2\cdot\gamma}{2\cdot g}, \quad [\text{kgf}] \qquad (221)$$

în care:

A este proiecția suprafeței corpului pe un plan perpendicular pe direcția de mișcare, în m²;

v este viteza, în m/s;

c – coeficientul de rezistență.

Este necesar să se țină seama și de viteza periferică, dată de relația 218:

Suprafața A este proporțională cu d^2 adică:

$$A = K \cdot d^2 \quad [m^2] \tag{222}$$

unde K este un factor de proporționalitate.

Dacă se consideră că *puterea* este produsul dintre viteză și forță:

$$P = v \cdot F \quad [kgf \cdot m/s] \tag{223}$$

și se înlocuiește valoarea lui F, se obține după efectuarea calculelor respective, următoarea formulă generalizată:

$$P = \zeta \cdot d^5 \cdot n^3 \cdot \rho \quad [kgf \cdot m/s] \tag{224}$$

în care:

ζ este coeficientul de rezistență $\left(\text{include și constantele } \frac{\pi^5 \cdot K}{2}\right)$

$\rho = \frac{\gamma}{g}$ – densitatea, în $kgf \cdot s^2/m^3$.

La stabilirea puterii motorului electric este necesar să se ia în considerație, rezistențele suplimentare ca: asperitățile pereților vasului, țevi cufundate în lichid, serpentine, șicane, verticale etc.

Dacă există astfel de rezistențe suplimentare, puterea calculată mai sus se majorează după cum urmează:

- rugozitatea pereților: cu 10–20%;
- serpentina: cu 100%;
- șicane verticale: cu 100%;
- țeava ($\varnothing$ =25 până la 60 mm) cu 10 până la 20%.

Practic, pentru a se ține seama de cuplul de pornire, puterea motorului electric se alege cu 50 - 100% mai mare decît valoarea obținută prin calcul.

În cazul calculului puterii motorului electric, necesar acționării diferitelor tipuri de agitatoare, formula 224 se modifică în funcție de o serie de factori care intervin, fiind diferită pentru fiecare tip în parte.

Astfel pentru agitatorul cu paletă, relația devine:

$$P = \frac{9{,}52 \cdot 10^{-2}}{R_e^{0{,}3}} d^3 \cdot n^3 \cdot \chi \cdot \frac{h}{d}\left(\frac{h_3}{d}\right)^{0{,}46} \quad [kgfm/s] \tag{225}$$

unde:

n este turația agitatorului, în rot/min;

h – înălțimea paletei, în m (fig. 257);

h^3 – înălțimea lichidului în recipient, în m;

Re este numărul lui Reynolds se calculează cu formula:

$$Re = 16{,}65\,\frac{n \cdot d^2 \cdot \gamma}{\eta}$$

η – fiind viscozitatea dinamică în cP (centiPoise)

Formula 225, este valabilă numai cînd *Re* are valori cuprinse între 10^2 și $2{,}5 \times 10^3$.

Exercițiu

Să se calculeze puterea necesară amestecării pentru un amestecător cu paletă cu următoarele caracteristici:

$D_i = 1{,}6$ m, diametrul recipientului;
$d = 0{,}8$ m, anvergura paletei;
$n = 32$ rot/min, turația arborelui;
$\eta = 200$ cP, viscozitatea soluției;
$\gamma = 1\,250$ kgf/m³, greutatea specifică a soluției;
$h = 0{,}72$ m, lățimea paletei;
$h_3 = 1{,}6$ m, înălțimea de umplere.

Se calculează *Re* cu formula:

$$Re = 16{,}65 \cdot \frac{n \cdot d^2 \cdot \gamma}{\eta} = 16{,}65\,\frac{32 \cdot 0{,}8^2 \cdot 1\,250}{200} = 2\,130$$

de unde:

$$P = \frac{9{,}52 \cdot 10{-}6}{2\,130^{0{,}3}} \cdot 0{,}85 \cdot 32^3 \cdot 1\,250 \cdot \frac{0{,}72}{0{,}8} \cdot \left(\frac{1{,}6}{0{,}8}\right)^{0{,}46} = 15{,}78 \text{ kgf} \cdot \text{m/s}.$$

2. Amestecătoare

Aparatele folosite pentru amestecarea materialelor solide, sub formă de pulbere, granule sau pastă, pot fi împărțite din punct de vedere constructiv în:

- amestecătoare cu palete rotative;
- amestecătoare cu șurub elicoidal;
- tambure de amestecare.

Amestecătoarele cu palete rotative sînt utilizate pentru amestecarea pulberilor și a materialelor sub formă de pastă. Se folosesc amestecătoare cu agitatorul format din două rotoare paralele de formă specială montate orizontal. Rotoarele se mișcă în sens invers într-un vas în formă de cuvă, cu fundul în formă de doi semicilindri. Amestecarea are loc prin pătrundere și simultan prin împărțirea masei amestecate.

Pentru evitarea întîlnirii paletelor, acestea trebuie să aibă un număr de rotații inegal, iar raportul numărului de rotații nu trebuie să fie un număr întreg. De cele mai multe ori acest raport este apropiat de 2.

În aceste aparate, în afara procesului de amestecare, se mai produc și fenomene nedorite (frecarea parțială a masei) în care scop se construiesc for-

me diferite de palete și cuve, astfel încît procesul să fie intensificat sau slăbit.

Amestecătorul cu șurub elicoidal (fig. 266) realizează amestecarea materialelor în același timp cu transportul lor. Sînt folosite pentru amestecarea maselor sub formă de pulbere. Sînt formate dintr-un arbore care se rotește într-un jgheab. De arbore este fixată o suprafață elicoidală. În general se construiesc cu lungimi relativ reduse (3 m) și necesită putere mică.

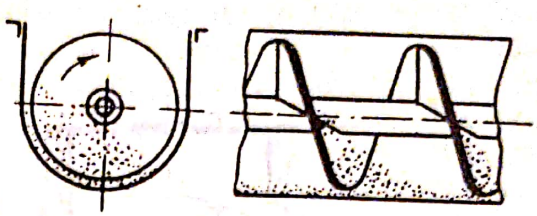


Fig. 266. Amestecător cu șurub elicoidal.

Tamburele de amestecare sînt utilizate pentru fabricarea coloranților organici și în general pentru amestecarea materialelor uscate. În figura 267 este redat *tamburul de amestecare* format dintr-un tambur orizontal de oțel *1* pe care se îmbracă niște bandaje de fontă *2*. Tamburul se rotește pe rolele *3*. Pe pereții interiori ai tamburului sînt fixate paletele elicoidale *4* și pereții despărțitori tangențiali *5*. La rotirea tamburului are loc o agitare puternică a materialului. Transportorul elicoidal *6* este folosit la încărcarea și descărcarea materialului. Încărcarea se face prin ștuțul superior *7* și descărcarea prin cel inferior *8*.

Tamburul este acționat de o transmisie cu fricțiune la un debit mic sau de o transmisie cu roți dințate, la debite mari.

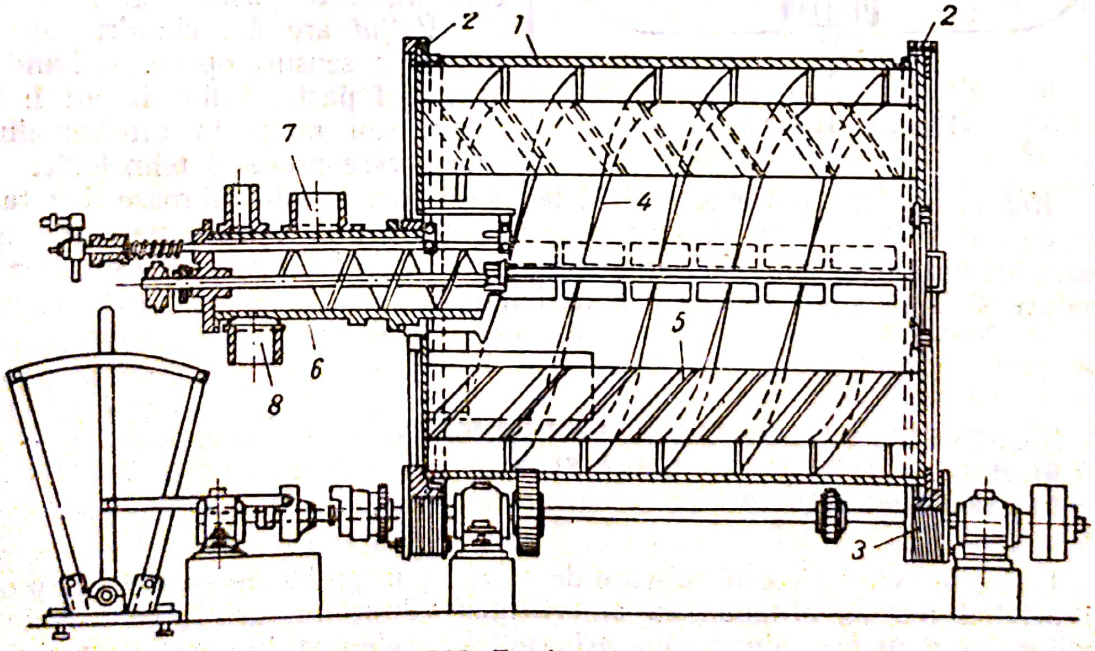


Fig. 267. Tambur de amestecare.

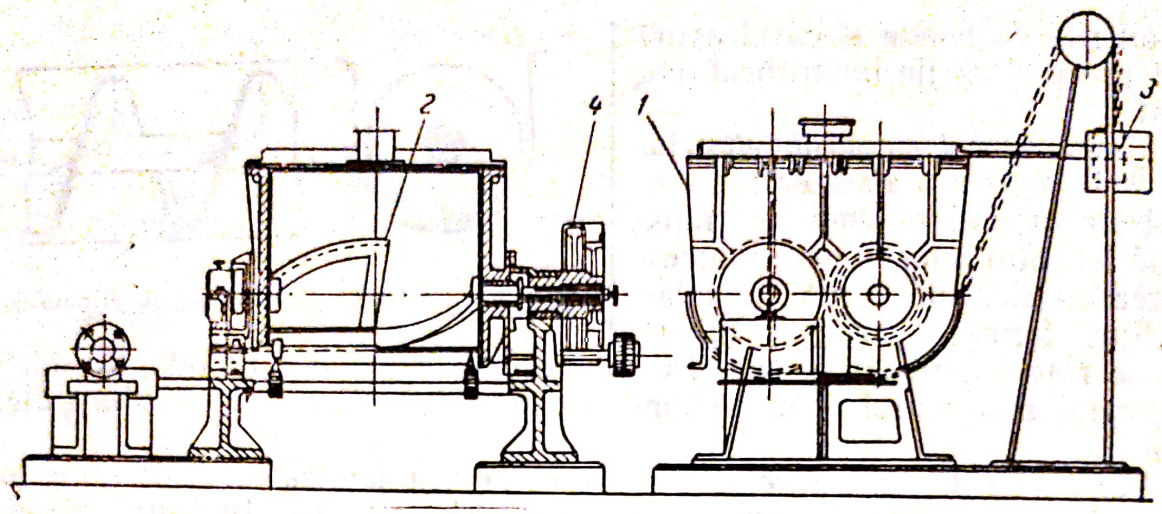


Fig. 268. Malaxor:
1 — cuvă ; *2* — palete ; *3* — contragreutate pentru răsturnarea cuvei ; *4* — dispozitiv de acţionare.

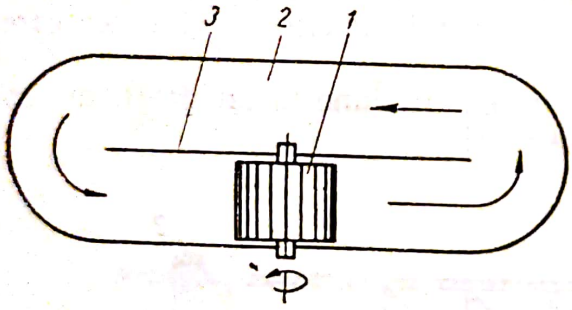


Fig. 269. Holendru.

Pastele sînt amestecate cu ajutorul *malaxoarelor*, *valţurilor* sau *holendrelor*.

Malaxorul este format dintr-o cuvă *1* în care se rotesc unul sau doi arbori orizontali în formă de Z care frămîntă pastă (fig. 268).

Valţul are doi cilindri care se rotesc în sensuri opuse, strivind şi întinzînd pasta. Cilindrii pot fi încălziţi sau răciţi în interior după cum o cere procesul tehnologic.

Holendrul (fig. 269) este utilizat la amestecarea pastei fibroase. Un tambur cu cuţite *1*, se roteşte, antrenînd materialul prin canalul pe care-l formează în bazinul *2* peretele despărţitor *3*. În acelaşi timp cu amestecarea se produce şi o măcinare umedă a materialului.

C. MONTAREA, EXPLOATAREA, ÎNTREŢINEREA, REVIZIA ŞI REPARAREA UTILAJELOR PENTRU AMESTECARE

Utilajele avînd piese în mişcare de rotaţie pun probleme speciale de montaj privind realizarea fundaţiei, amortizarea vibraţiilor, centrarea arborilor, echilibrarea statică şi dinamică a arborilor şi a pieselor în rotaţie cît şi evitarea fenomenului de rezonanţă.

Scanned with OKEN Scanner

Fundațiile sînt executate din beton simplu sau armat în funcție de greutatea și solicitarea agregatului. Dacă utilajele sînt grele și de puteri mari, sînt recomandate fundații separate pentru utilaj și pentru motor și cuplarea elastică a acestora. Amortizarea vibrațiilor se realizează în primul rînd prin construcția utilajului, evitîndu-se descentrările pieselor în mișcare. Este necesar să se dea atenția cuvenită legării conductelor de utilaj, astfel ca racordarea utilajului să se facă în plan perpendicular direcției de producere a vibrațiilor. Transmiterea vibrațiilor este împiedecată prin introducerea coturilor pe conductele de racordare.

Centrarea arborilor constituie o măsură obligatorie la montarea utilajelor pentru amestecare. Pentru evitarea deteriorării în timpul transportului, arborii vor fi transportați separat de utilaj, calați pe suporturi rigide.

Arborii, la cuplarea lor axială, se leagă elastic sau special astfel încît să se evite transmiterea bătăilor.

Pentru preluarea abaterilor minore, se recomandă utilizarea de rulmenți oscilanți, cît și evitarea înserării a mai mult de două lagăre pe un arbore.

Echilibrarea roților se face atît static cît și dinamic. Dacă utilajele depășesc 120 rot/min, echilibrarea dinamică este obligatorie, deoarece descentrările pot genera forțe centrifuge mari care duc la uzuri premature sau la distrugerea utilajului. Utilajele cu piese căptușite în mișcare de rotație, se echilibrează atît înainte cît și după căptușire.

Tehnologia de montaj este diferită după tipul utilajului și este indicată de uzina constructoare.

Cîteva reguli generale valabile pentru utilajele gabaritice vor fi redate în continuare:

Utilajele sosesc în general demontate în părțile componente: motor, reductor, transmisie, arbori, organe de lucru etc. Se montează arborii care au fost în prealabil echilibrați împreună cu piesele montate pe ei. Se verifică în mai multe puncte bătaia admisibilă a arborilor, cu ajutorul comparatoarelor, se montează cuplajele și apărătoarele lor. Lagărele cu rulmenți vor fi gresate, iar la cele de alunecare, ungătoarele (cu pîlnie) se vor umple cu ulei pînă la nivelul indicat.

Se efectuează legăturile electrice care se protejează cu automate de protecție și fuzibile și se procedează la punerea în funcțiune, după ce în prealabil s-au rotit ușor cu mîna, organele în mișcare. Înainte de punerea în exploatare, se efectuează rodajul conform indicațiilor uzinei constructoare. De fapt se recomandă funcționarea în gol sau la 1/4 din sarcină, timp de două pînă la patru ore pentru o rodare a elementelor în mișcare, se trece la rodarea utilajului la 1/2 din sarcină, 10 pînă la 20 h, ajungînd la sfîrșitul perioadei la plină sarcină.

Utilajele se montează în hale sau în exterior, în jurul lor lăsîndu-se spații de deservire prevăzute cu guri de scurgere cît și prize de aer comprimat, abur, apă și forță necesare operațiilor de întreținere curentă.

Scanned with OKEN Scanner

Utilajele pentru amestecare prin barbotare și prin curgerea fluidelor nu necesită o întreținere deosebită. Cele pentru amestecarea mecanică, au nevoie de o întreținere mai atentă, datorită condițiilor grele în care lucrează arborele agitatorului, ca urmare a agresivității materialelor care se amestecă, precum și faptului că, de multe ori, amestecarea se face la presiuni mai mari decît cea atmosferică sau în vid.

Ungerea insuficientă provoacă trepidații puternice, se uzează lagărele și se distrug garniturile de etanșare. Cînd materialele sînt nocive, etanșarea trebuie făcută cu atenție.

Malaxoarele, mai ales cele de tip greu, necesită o întreținere mai complicată, determinată de presiunile mari care se produc în lagăre. Este necesară supravegherea pompei de ulei și verificarea presiunii uleiului de ungere, precum și a gradului de impurificare a acestuia.

Reparațiile efectuate acestor utilaje sînt specifice fiecărui tip în parte și sînt deosebite pentru recipient și pentru partea de acționare.

Agitatoarele pentru fluide necesită reparații curente ce constau din controlul conductelor de circulație și recondiționarea lor prin sudare, recondiționarea stropitorului, șicanelor etc.

Agitatoarele pentru amestecare mecanică sînt reparate prin înlăturarea jocului în lagăre, înlocuirea brațelor, a inelelor de etanșare etc.

Malaxoarele trebuie supravegheate pentru înlăturarea scăpărilor de material, verificarea stării suprafețelor de lucru ale rotoarelor, verificarea jocurilor lagărelor și strîngerea lor etc.

În cadrul reparațiilor capitale se trece la înlocuirea anumitor părți din utilaje ca de exemplu: înlocuirea întregii rețele de conducte și a pieselor de legătură, a șicanelor, arborelui, rulmenților, arborilor, rotoarelor malaxoarelor, refacerea formei geometrice și a dimensiunilor malaxoarelor etc.

Printre *măsurile de tehnică a securității muncii* strict necesare, se impune legarea electrică la pămînt a utilajelor, cu o rezistență totală sub 4 Ω. În acest scop toate flanșele recipientelor, vor fi prevăzute cu legături electrice (mai ales în rafinării). Pentru evitarea generării electricității electrostatice se vor evita transmisiile cu curele sau se vor folosi curele de transmisie antistatice. Toate transmisiile exterioare, ca și piesele în mișcare, exterioare utilajului, trebuie prevăzute cu apărători metalice.

Pentru utilajele din rafinării se folosesc motoare electrice antiexplozive iar cele montate în exterior, vor fi protejate în plus contra picăturilor de apă.

Utilajele trebuie supravegheate în permanență de operatori, verificîndu-se presiunea și temperatura de regim, încălzirea lagărelor, ungerea și răcirea, funcționarea fără șocuri etc.

Scanned with OKEN Scanner

Întrebări recapitulative

1. Pe ce principii se bazează amestecarea lichidelor ?
2. Care sînt barbotoarele și pe ce principiu se bazează ? bazează ?
3. Ce tipuri de agitatoare pentru amestecare mecanică cunoașteți ?
4. Cum funcționează un agitator cu turbină ?
5. Cum se întreține utilajele de amestecare ?
6. Ce măsuri N.T.S. mai importante trebuie respectate la montarea, exploatarea și repararea utilajelor de amestecare ?

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul XII

FILTRE

A. GENERALITĂȚI

Filtrarea este procesul de separare a fazelor unui amestec eterogen solid-fluid prin trecerea acestuia printr-un mediu poros care reține particulele fazei solide.

Sub diferența de presiune, în timpul filtrării, *filtratul* (lichidul) trece prin pori, iar *precipitatul* (faza solidă) rămîne pe suprafața filtrantă.

Operația de filtrare se consideră că are loc în condiții satisfăcătoare dacă în urma acesteia se obțin filtrate limpezi și precipitate cu cantități cît mai mici de lichid, dacă filtrul se curăță și se desfundă ușor și dacă consumul de energie și manoperă sînt reduse.

Filtrarea este influențată de o serie de factori care se referă la suspensia supusă filtrării, materialul filtrant, lichidul de spălare, și condițiile în care se realizează operația de filtrare.

Viteza de filtrare este caracteristica principală a procesului și reprezintă cantitatea de lichid-filtrată în metri cubi, raportată la metrul pătrat de suprafață filtrantă, pe secundă.

Factorii care intervin în filtrare sînt cuprinși în relația:

$$\frac{Q}{A \cdot \tau} = \frac{\Delta P}{R_f + R_s} \quad [m/s] \qquad (226)$$

în care:

Q este volumul de alimentare, în m^3;
A – suprafața filtrului, în m^2;
τ – timpul de filtrare, în s;
ΔP – diferența de presiune exercitată asupra filtrului, în kgf/m^2;
R_f – rezistența opusă de filtru;
R_s – rezistența opusă de stratul de precipitat.

În general operația de filtrare se compune din mai multe etape:
– reținerea particulelor solide de către suprafața filtrantă;
– reținerea precipitatului de către stratul de particule depus (se recirculă filtratul pînă apare limpede);
– etapa de spălare a precipitatului pentru îndepărtarea soluției-mame;

– etapa de îndepărtare a precipitatului depus pe filtru și de regenerare a suprafeței filtrante prin trecerea unui curent de lichid prin filtru, în sens invers filtrării.

B. CLASIFICARE ȘI CONSTRUCȚIE

Utilajele folosite pentru filtrare, se împart, după felul de funcționare în filtre cu funcționare *periodică* și cu funcționare *continuă*.

După modul în care se realizează presiunea necesară împingerii lichidului prin porii stratului filtrant se deosebesc :

– filtre care funcționează sub acțiunea presiunii hidrostatice a lichidului ce se filtrează ;

– filtre cu vid, care funcționează datorită vidului produs de pompele de vid ;

– filtre-presă, care funcționează sub acțiunea presiunii produse de pompe sau de compresoare.

După felul stratului filtrant, filtrele pot fi împărțite în următoarele grupe : cu strat filtrant din granule libere, din țesătură și cu strat filtrant rigid.

Alegerea stratului filtrant se face în funcție de proprietățile chimice ale lichidului care se filtrează, gradul de dispersie al particulelor solide ce trebuie separate, presiunea de regim la care are loc filtrarea și capacitatea de filtrare necesară.

În funcție de caracteristicile constructive și funcționale se întîlnesc filtre cu strat granular, filtre nuce, filtre cu elemente filtrante verticale, filtre presă, filtre celulare rotative, filtre bandă.

Filtrele cu strat filtrant granular se folosesc pentru filtrarea suspensiilor în lichide cu debite mari. Stratul filtrant este format din granule de nisip, calcar, mangal sau antracit, în funcție de soluția care se filtrează. Sînt folosite în special la filtrarea apei și sînt de două tipuri : *lente* și *rapide*.

Filtrele lente sînt formate dintr-un vas în formă paralelipipedică sau cilindrică din metal sau beton prevăzut cu o placă perforată sau poroasă, fie cu bulgări mari de pietriș, care sprijină un strat filtrant granular (nisip).

Suportul pentru stratul filtrant poate avea diferite forme. Cînd se pornește filtrul lent, se lasă să treacă mai întîi lichidul de jos în sus prin stratul filtrant pentru îndepărtarea aerului dintre granulele de nisip, apoi se schimbă sensul de trecere al acestuia. Cu timpul se formează la suprafața stratului granular filtrant, o *membrană biologică* care are efect sterilizant. Cînd viteza de filtrare scade, se îndepărtează stratul de nămol și cîțiva centimetri din nisipul de la suprafață. La intervale mari de timp se înlocuiește total stratul de nisip. Durata de funcționare este între 2 și 6 luni.

Scanned with OKEN Scanner

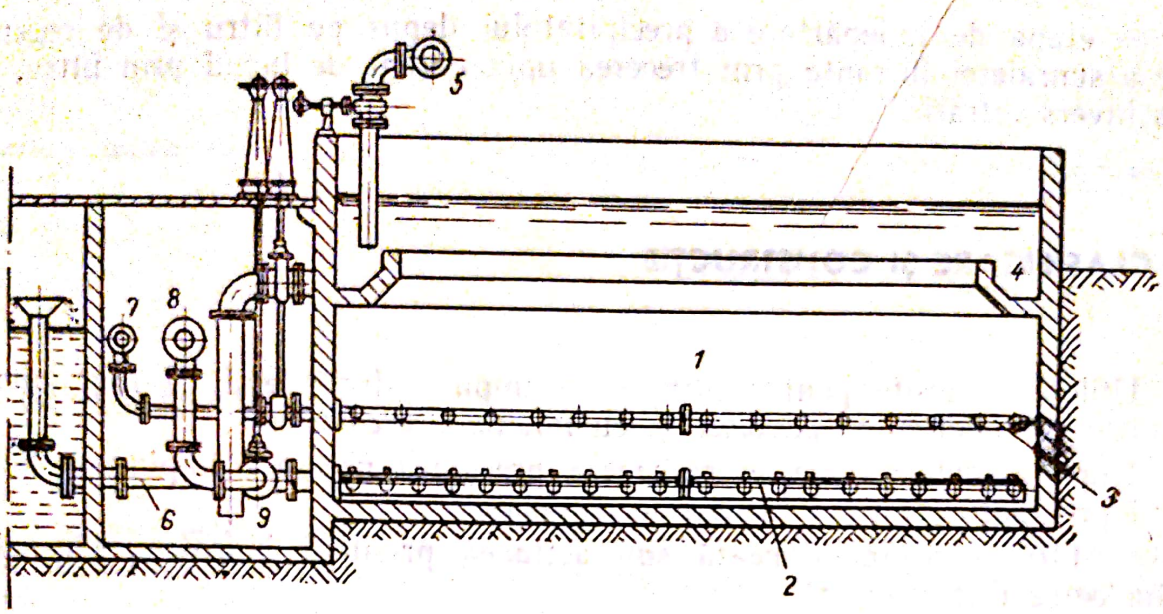


Fig. 270. Filtru rapid deschis.

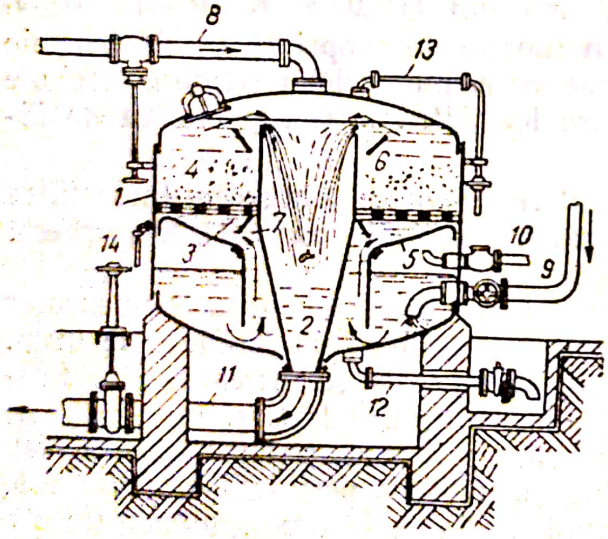


Fig. 271. Filtru rapid închis cu spălare intensivă:

1 — corpul aparatului; *2* — tub central pentru evacuarea apei de spălare; *3* — placă de drenaj; *4* — strat filtrant de nisip; *5* — tablă despărțitoare; *6* și *7* — table pentru ghidarea și repartizarea curentului de apă; *8* — racord intrare apă; *9* — racord ieșire apă filtrată și intrare apă spălare; *10* — racord intrare aer comprimat; *11* — racord evacuare apă de spălare la canal; *12* — racord golire filtru; 13 — racord aerisire; *14* — racord evacuare aer din filtru.

Filtrele lente necesită deservire minimă însă au productivitate redusă și cer multă manoperă pentru regenerarea stratului filtrant.

Filtrele rapide înlocuiesc din ce în ce mai mult filtrele lente deoarece realizează viteze mari de filtrare. Folosesc nisip cu granulație mai mare, iar spălarea se face în sens invers filtrării, cu apă și cu aer comprimat, la intervale dese.

Scanned with OKEN Scanner

În cazul în care apa formează un strat hidrostatic de filtrare deasupra stratului filtrant, este vorba de *filtre rapide deschise* (fig. 270), iar cînd este pompată continuu de către o pompă, de *filtrele rapide închise* (fig. 271).

În primul caz, din cauza spălărilor dese, nu se formează membrana biologică, de aceea eficacitatea înaintată a acestei metode este compensată prin adăugarea de sterilizanți și coagulanți. În cel de al doilea caz, lucrîndu-se la presiune, se folosesc recipiente metalice cu funduri bombate cu diferite plăci filtrante constructive.

Apa intră prin conducta *5* (fig. 270) într-o rigolă *4*, care are rolul de a împiedica formarea canalelor în nisip, prin viteze locale mari. După străbaterea stratului filtrant *1*, apa trece prin placa de susținere a crepinelor *2* și apoi prin conducta de colectare *6*, la canalul de apă filtrată. Spălarea se face cu un curent de apă în sens invers, ce vine prin conducta *8* și prin afînarea nisipului cu aer comprimat care trece prin țevile găurite *3* venind prin conducta *7*. Apa de spălare este evacuată prin conducta *9*.

Caracteristic la un filtru rapid închis cu spălare intensivă (fig. 271) este înmagazinarea unei cantități de apă filtrată cu care se spală filtrul, rapid și cu debit mare. Este format dintr-o manta cilindrică cu două funduri, care conține un tub central de evacuare la canal și placa filtrantă ce susține stratul de nisip de 60 sau 70 cm grosime. Sub placa filtrantă, o tablă îndoită permite presarea apei filtrante, cu ajutorul aerului comprimat, în așa fel încît să treacă în sens ascendent prin stratul de nisip, în perioada de spălare. În perioada de filtrare, apa trece de sus în jos prin stratul de nisip.

Un alt tip de filtru rapid închis, este cel cu spălare prin apă și aer. În timpul spălării se suflă aer comprimat, iar în timpul filtrării apa brută intră prin racordul de alimentare, traversează nisipul și iese din filtru prin conducta de apă filtrată.

Unele filtre rapide, exemplu *filtrul Bollmann* realizează spălarea cu un injector cu apă, care deversează într-un difuzor unde granulele dc nisip sînt antrenate de jos în sus într-un tub central de unde după spălare sînt deversate la partea superioară a stratului filtrant.

Filtrele rapide lucrează cu viteze de filtrare cuprinse între 2 și 15 m^3/m^2h, avînd grosimea stratului filtrant de 0,6 pînă la 1,0 m. Nisipul are granulație de 1 la 2 mm.

Filtrele nuce (fig. 272) sînt recipiente cilindrice sau paralelipipedice, cu sau fără capac, poziția grătarului cu stratul filtrant fiind orizontală. În interior au un al doilea fund găurit sau poros, care susține stratul filtrant (format din țesătura metalică sau

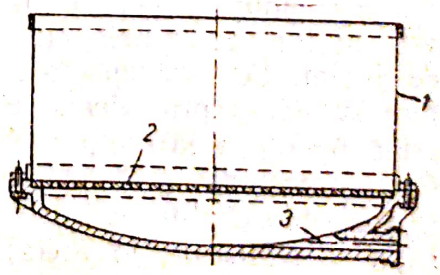


Fig. 272. Filtru nuce-
1 — rezervor; 2 — grătar; 3 — racord scurgere filtrat.

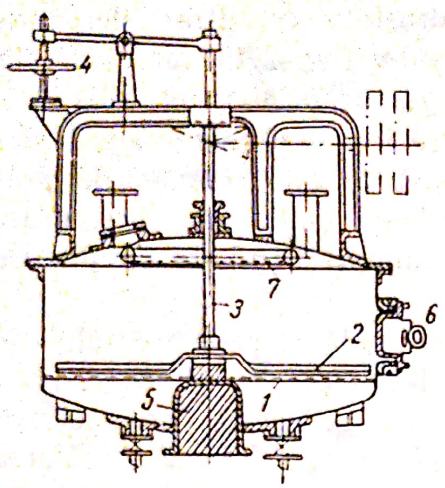


Fig. 273. Filtru nuce cu dispozitiv de egalizare :

1 — grătar ; *2* — raclete ; *3* — arbore ; *4* — dispozitiv reglare înălțime raclete ; *5* — dop ; *6* — gură vizitare-curățare ; *7* — conductă circulară.

de altă natură completat uneori cu azbest, vată de sticlă etc.). Deasupra stratului filtrant există presiunea coloanei de lichid, iar sub fața inferioară a acestuia apare depresiune datorită unui sistem de produs vidul. Datorită acestei diferențe de presiune este accelerată filtrarea, după care precipitatul este spălat. Uneori se folosește o baterie de mai multe filtre.

Materialul de construcție se alege în funcție de proprietățile substanței care se filtrează și poate fi : lemn, oțel, cupru, fontă emailată, material ceramic etc.

Este foarte important să nu se formeze fisuri în precipitatul depus pe filtru, în scopul unei eficacități sporite a operației, de aceea se fixează acestor utilaje, unele dispozitive de egalizare (fig. 273).

Dacă se urmărește concentrarea unei suprafețe filtrante mai mari, într-un loc restrîns, se folosesc *filtrele nuce etajate.*

Filtrele cu elemente filtrante verticale sînt formate din mai multe elemente de filtrare așezate vertical și paralel, legate la un colector comun al filtratului și care sînt montate pe un dispozitiv mobil de deservire, ce poate servi la introducerea întregului sistem într-un rezervor în care se află, suspensia.

Din categoria filtrelor cu elemente filtrante, fac parte : filtrele cu saci filtrele cu elemente filtrante dreptunghiulare, circulare.

Filtrele cu saci sînt recomandate pentru filtrarea suspensiilor cu cantități mici (sub 3%) de fază solidă.

Elementul filtrant poate fi constituit dintr-o țeavă cu găuri echidistante între care atîrnă lanțuri de lungime egală sau dintr-o ramă din țeavă găurită avînd între laturile orizontale, șipci verticale echidistante, totul fiind îmbrăcat în sacul filtrant. Blocul de elemente filtrante este suspendat cu ajutorul unui scripete de o traversă, în așa fel încît să se poată deplasa atît în lungul acesteia cît și vertical și este afundat în cuva cu suspensia de filtrat. Se face apoi o depresiune prin conducta colectoare, care să aspire suspensia prin elementele filtrante, în așa fel ca precipitatul să se depună pe pînza filtrantă a elementelor, iar filtratul să fie colectat prin conducta colectoare și trimis în rezervorul respectiv. Pentru spălarea filtrului, se trece blocul filtrant într-un alt recipient care conține apa de spălare. Operația se realizează în același mod ca și filtrarea, dar apa se colectează în alt rezervor. Urmează a treia operație și anume, aducerea blocului filtrant într-un recipient gol, unde cu ajutorul aerului comprimat suflat prin con-

Scanned with OKEN Scanner

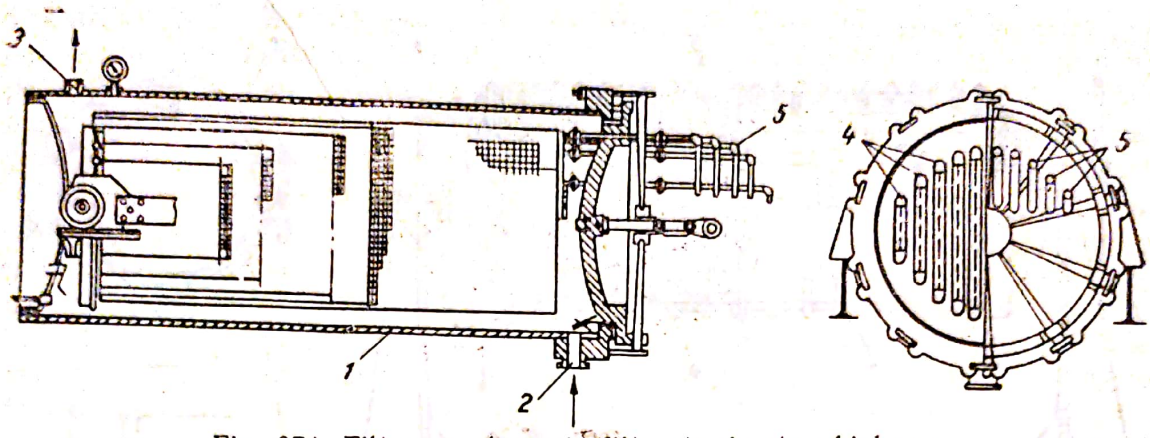


Fig. 274. Filtru cu elemente filtrante dreptunghiulare :
1 — rezervor ; 2 — intrare suspensie ; 3 — eliminare aer ; 4 — elemente filtrante ; 5 — țevi pentru evacuare filtrat.

ducta colectoare sau prin stropire exterioară, se desprinde precipitatul depus pe pînza elementelor filtrante. Se reia apoi ciclul de la început.

Filtrul cu elemente filtrante dreptunghiulare (fig. 274) constă dintr-o serie de elemente filtrante dreptunghiulare neegale, așezate paralel cu latura mare pe un dispozitiv care lunecă pe două căi de ghidare. Întregul sistem se introduce într-o manta cilindrică orizontală închisă etanș cu un capac. Țevile colectoare de filtrat ies prin capac, cu care fac corp comun. Elementele filtrante sînt formate dintr-o sită groasă prinsă într-o ramă din țeavă găurită. Sita groasă se îmbracă pe ambele părți cu sită fină și apoi totul în pînza filtrantă.

După montarea filtrului, se pompează suspensia sub presiune în spațiul din corpul mantalei în care sînt așezate elementele filtrante. Lichidul limpede se scoate prin țevile colectoare. Cînd stratul de precipitat este suficient de gros, se introduce apă de spălare în locul suspensiei, iar după spălarea acestuia se scurge apa, se desface capacul, se scot toate elementele din mantaua filtrului, după care prin țevile colectoare se introduce în sens invers aer sau apă pentru desprinderea precipitatului.

Dezavantajul acestui filtru constă în neegalitatea elementelor filtrante care atrage după sine neuniformitate în filtrare și spălare. De asemenea, este incomodă operația de desfacere a filtrului și desprinderea precipitatului.

Filtrul cu elemente filtrante circulare (fig. 275) are elementele filtrante identice și sub formă de discuri suspendate transversal în interiorul unei mantale cilindrice. Elementele sînt montate paralel și la distanțe egale, capetele țevilor de ieșire a filtratului fiind plasate la partea superioară *1*. Partea superioară a mantalei poate bascula ca un capac în balamale, etanșeitatea fiind realizată prin strîngere cu șuruburile *3*.

Filtrarea se efectuează prin elementele filtrante *4* care sînt niște saci rotunzi din pînza întinsă pe schelete rotunde rigide, formate din site, cu

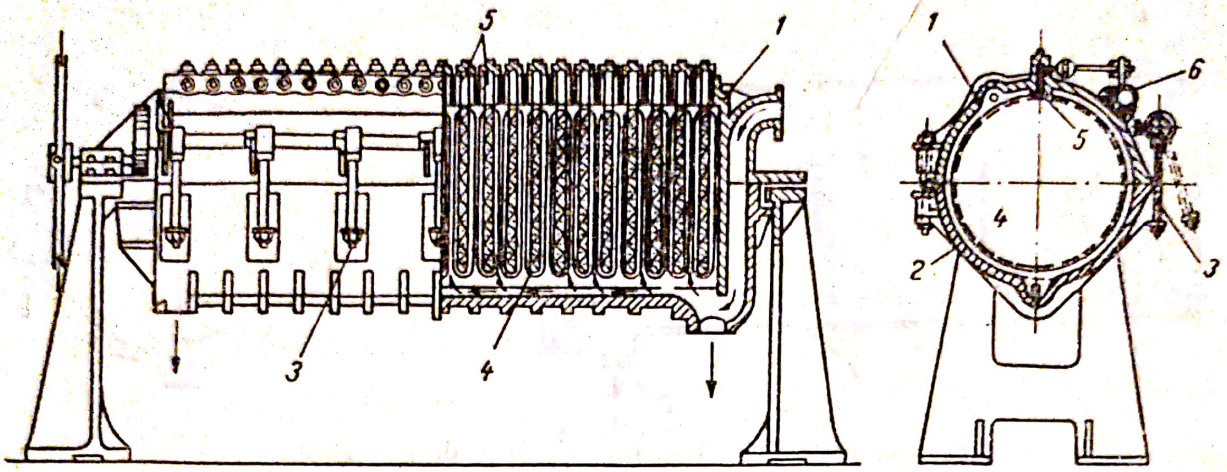


Fig. 275. Filtru cu elemente filtrante circulare.

țevi de evacuare *5*. Elementele sînt suspendate de partea superioară a corpului filtrului. Filtratul este îndepărtat prin țevile de evacuare *5*, în colectorul *6*. Filtrarea, spălarea precipitatului și descărcarea se realizează la fel ca la filtrele cu saci descrise anterior.

Pentru descărcare se folosește aer comprimat, abur sau apă, acționînd în partea inferioară *2* a corpului filtrului.

Avantajele acestui filtru sînt : concentrarea unei mari suprafețe filtrante într-un spațiu redus și deservirea ușoară. Prezintă și unele dezavantaje deoarece cu toate că elementele filtrante sînt identice, filtrarea și spălarea sînt totuși neuniforme din cauza așezării neuniforme a precipitatului pe discurile filtrante

Filtrul cu elemente filtrante rotative spre deosebire de filtrele cu elemente filtrante verticale, conține discuri filtrante care se rotesc în jurul axei lor. Un element filtrant este format dintr-o împletitură din sîrmă groasă care are la ambele părți cîte o sită deasă. Interiorul discurilor comunică cu interiorul gol al arborelui pe care ele sînt fixate. Arborele cu discurile filtrante este montat într-o manta și se rotește cu 1 pînă la 2 rot/min.

Suspensia intră prin mai multe deschideri la partea inferioară a filtrului și trece prin discurile filtrante. Filtratul trece prin interiorul arborelui. Spălarea precipitatului se face introducînd apa de spălare în locul suspensiei și evacuînd-o tot prin interiorul arborelui. Desprinderea precipitatului se face introducînd aer comprimat prin interiorul arborelui și apă sau aer printr-o conductă cu duze, prevăzute în dreptul ambelor fețe ale fiecărui disc filtrant. Precipitatul este evacuat din filtru cu un transportor elicoidal.

Filtrele-presă sînt aparate de filtrare conținînd 40 pînă la 60 de elemente de filtrare verticale, care se sprijină prin umerii lor pe două bare orizonale formînd un cadru. Toate elementele filtrante formează un corp etanș, prin

apăsarea unui element pe altul, cu ajutorul unui dispozitiv de strîngere cu şurub sau hidraulic. Au o capacitate mare de lucru şi sînt indicate pentru lichide care conţin o cantitate mare de suspensie. Instalaţia mai cuprinde în afară de filtre-presă şi rezervorul de suspensie (cu agitator), pompa de suspensie şi rezervorul de filtrat.

Caracteristica principală a acestor filtre este concentrarea unei mari suprafeţe de filtrare într-un aparat de dimensiuni relativ reduse. Stratul de precipitat poate avea o grosime destul de mare formînd turte care pot merge direct la uscare. Acest tip de filtre se deservesc uşor, putînd fi adaptate la condiţii diferite de filtrare. De asemenea, pot fi construite din materiale rezistente la acţiunea corosivă a suspensiei. Filtrarea are loc prin împingerea lichidului prin elementele sale cu 3 la 4 kgf/cm².

Filtrele-presă prezintă totuşi dezavantajele unei funcţionări intermitente necesitînd multă manoperă pentru demontarea şi remontarea elementelor filtrante după fiecare şarjă, spălarea insuficientă a precipitatului şi consumul mare de pînze filtrante.

Aceste aparate pot fi adaptate pentru toate condiţiile obişnuite de filtrare: suspensii uşor sau greu filtrabile, cu conţinut mic sau mare de fază solidă, filtrări la rece sau la cald, la presiune ridicată sau de substanţe toxice etc.

Sînt multe variante constructive de filtre-presă, în funcţie de forma şi modul de funcţionare al elementelor filtrante. Dintre cele mai importante tipuri se deosebesc: filtre-presă cu camere şi filtre-presă cu rame.

Filtrele-presă cu camere sînt aparate care au elementele filtrante sub formă de plăci circulare sau patrate cu marginile îngroşate formînd suprafeţe de etanşare (fig. 276). Pe ambele feţe ale elementelor filtrante sînt striaţiuni peste care se montează pînzele filtrante. Doi umeri servesc pentru susţinerea elementului filtrant pe barele orizontale ale postamentului.

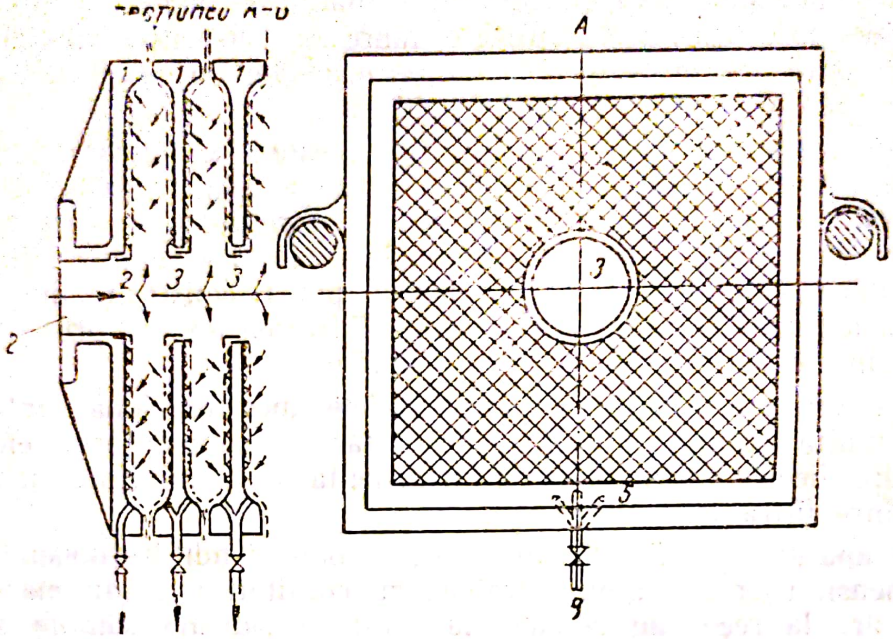
Datorită formei constructive, după montare între plăci se formează camere în care se depune precipitatul ce se separă din suspensia repartizată prin pompare, printr-un canal central.

O deschidere centrală în fiecare element filtrant, serveşte pentru intrarea suspensiei de filtrat şi repartizarea ei în spaţiile (camerele) care se formează după strîngerea filtrului, între două plăci filtrante vecine.

La partea inferioară, fiecare placă filtrantă are pe ambele feţe ale ei, găuri care se continuă cu o ţeavă scurtă cu robinet, pentru evacuarea filtratului.

Suspensia se pompează pînă la presiunea de 4 kgf/cm² în filtrul unde se distribuie prin deschiderile centrale, în camerele dintre plăci; precipitatul se depune pe pînze iar filtratul trece în spatele acestora, se prelinge prin canalele striaţiunilor plăcilor şi iese din filtru prin găurile de la partea inferioară a acestora şi apoi prin ţeava de evacuare.

Cînd operaţia devine neeconomică, viteza de filtrare fiind mică, se trece la spălarea precipitatului, introducînd apa de spălare prin conducta de ali-



a

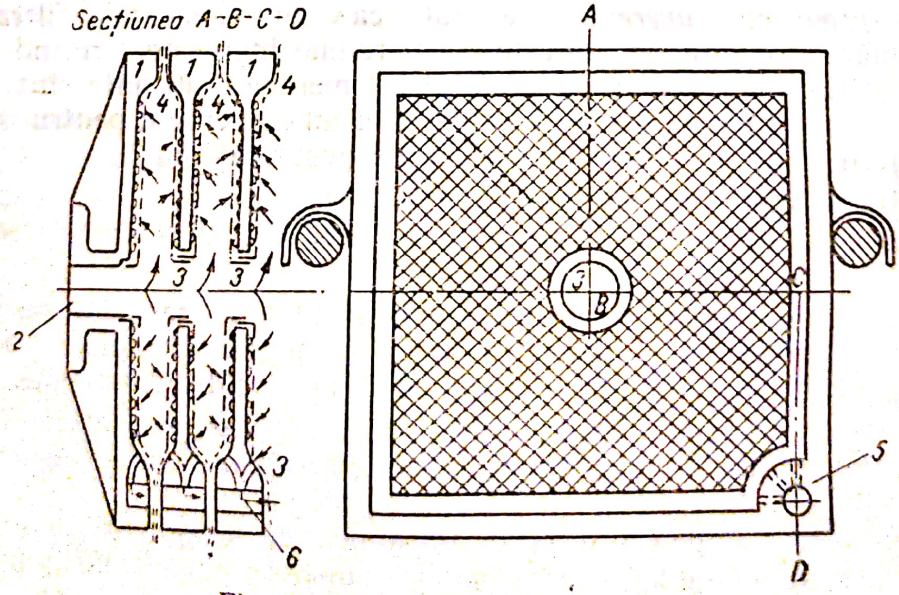


Fig. 276. Filtru-presă cu camere :

a — cu evacuare deschisă ; *b* — cu evacuare închisă ; *1* — elemente (plăci) filtrante ; *2* — racord intrare suspensie ; *3* — deschidere pentru repartizarea suspensiei între elementele filtrante ; *4* — pînze filtrante ; *5* — găuri pentru evacuare filtrat ; *6* — canal închis pentru colectarea și evacuarea filtratului.

mentare cu suspensie. Evacuarea precipitatului se face demontînd filtrul manual, curăţînd pînzele şi montîndu-le pentru o nouă operaţie.

După modul de evacuare a filtratului, se deosebesc două tipuri de filtre-presă cu cameră : cu evacuare deschisă şi cu evacuare închisă.

Evacuarea deschisă (fig. 276, *a*) prezintă avantajul posibilităţii controlului asupra fiecărei plăci şi izolarea ei în cazul în care, apar defecţiuni în funcţionare.

În cazul evacuării produselor toxice, urît mirositoare, volatile, calde, se utilizează *evacuarea închisă* (fig. 276, *b*), realizată printr-o construcţie de plăci, în care găurile de evacuare ale acestora comunică cu un canal format în lungul filtrului-presă prin alcătuirea unor găuri tăiate în partea îngroşată de la unul din colţurile inferioare ale plăcilor. În dreptul acestui canal, pînzele filtrante au şi ele găuri de aceeaşi mărime pentru a lăsa liberă trecerea filtratului prin canal.

Filtrele-presă cu camere se folosesc pentru filtrarea suspensiilor cu conţinut relativ mic de fază solidă. Grosimea turtei este între 25 şi 30 mm.

Deoarece se montează mai greu, filtrele-presă cu camere, sînt mai puţin răspîndite. Elementele de filtrare sînt standardizate şi se fac de obicei din fontă.

Filtrele-presă cu rame (fig. 277) au elementele filtrante formate din plăci şi rame. Plăcile sînt asemănătoare cu cele ale filtrelor-presă cu camere cu deosebirea că nu au deschidere centrală ci un orificiu în unul din colţurile superioare. Prin alăturarea elementelor filtrante se formează canalul de alimentare cu suspensie şi apă de spălare. Printre plăci sînt introduse rame care alternează şi între care se presează pînza filtrantă. Fiecare pereche de plăci vecine, împreună cu rama dintre ele, formează la strîngerea presei un spaţiu gol de filtrare, care lucrează independent.

Plăcile filtrului-presă cu ramă sînt prevăzute cu canale de scurgere pentru evacuarea filtratului în canalul colector şi deservesc în acelaşi timp două spaţii goale vecine.

Colectarea filtratului se face deschis sau închis ca şi la filtrele cu cameră. Operaţiile de spălare, demontare, montare etc. sînt asemănătoare celor de la filtrul cu cameră.

Ca la toate filtrele-presă, spălarea este defectuoasă din cauza neomogenităţii stratului de precipitat.

Avantajele filtrelor-presă cu rame, faţă de cele cu cameră, sînt : turta

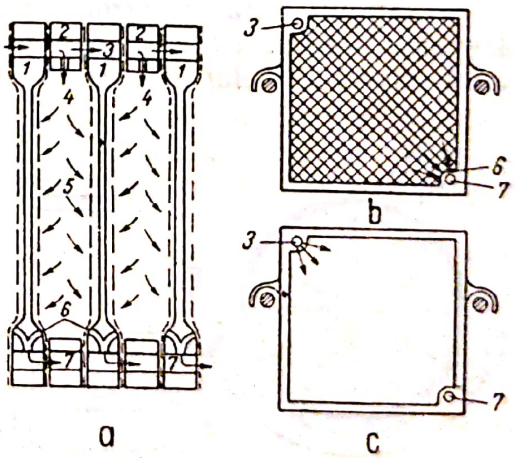


Fig. 277. Filtru-presă cu rame cu evacuare închisă :

a — secţiune transversală ; *b* — placă ; *c* — ramă ; *1* — plăci filtrante ; *2* — rame ; *3* — canal de alimentare cu suspensie ; *4* — găuri pentru intrarea suspensiei în interiorul ramelor ; *5* — pînze filtrante ; *6* — găuri pentru evacuarea filtratului de pe suprafaţa plăcilor ; *7* — canal pentru evacuarea filtratului.

Scanned with OKEN Scanner

de precipitat are o grosime mai mare, etanșeitate mai bună din cauza neexistenței deschiderilor centrale, menajarea pînzelor filtrante, montarea și desfacerea mai ușoară a pînzelor filtrante. Se utilizează în special la filtrarea suspensiilor cu conținut mare de fază solidă.

Alte variante de filtre-presă sînt construite cu mai multe perechi de canale, exemplu: canale speciale pentru apa de spălare, canale pentru încălzire sau de răcire etc.

Filtrele celulare rotative cu funcționare continuă. Filtrele industriale cu funcționare continuă, au fost utilizate în industria chimică pentru prima oară la fabricarea sodei calcinate și la separarea bicarbonatului de sodiu de soluție. Azi au foarte multe utilizări în diferite domenii ale tehnologiei chimice.

Necesitatea măririi productivității operațiilor de filtrare, au condus la găsirea unei soluții pentru legarea în mod continuu a fazelor filtrării descrise anterior. Acest lucru s-a realizat prin divizarea suprafeței de filtrare în secțiuni, care să treacă succesiv prin toate fazele filtrării.

Operațiile pe care trebuie să le îndeplinească un astfel de filtru, sînt: aspirarea suspensiei prin pînza filtrantă, micșorarea conținutului de lichid din precipitat prin continuarea aspirației, spălarea precipitatului cu apă, micșorarea conținutului de apă din precipitat, suflarea stratului de precipitat cu aer pentru desprinderea sa, evacuarea precipitatului și regenerarea suprafeței filtrante prin suflare cu aer.

Filtrul celular cu tambur rotativ (fig. 278) are următoarele părți componente:

— tambur rotativ format din doi cilindri orizontali coaxiali apropiați între ei. Cilindrul exterior este perforat și acoperit cu o pînză sau sită filtrantă. Spațiul inelar dintre cei doi cilindri este despărțit în 6 pînă la 20

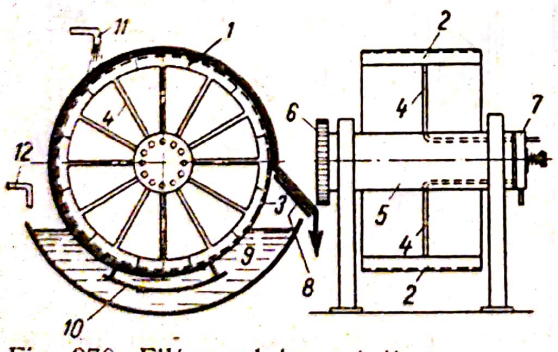


Fig. 278. Filtru celular rotativ:

1 — tamburul filtrului; *2* — celulele; *3* — pînză filtrantă; *4* — conducte de legătură între celule și capul de distribuție; *5* — arbore; *6* — roată dințată de acționare; *7* — capul de distribuție; *8* — cuțit pentru desprinderea precipitatului; *9* — cuvă; *10* — agitator pendular; *11* — conductă pentru apa de spălare; *12* — conductă pentru aducerea suspensiei.

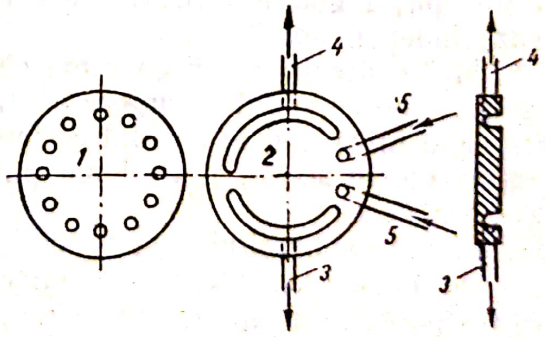


Fig. 279. Schema capului de distribuție.

celule etanșe, prin pereți radiali, fiecare celulă funcționînd succesiv și independent ca un filtru nuce;

— tuburi de legătură între capul de distribuție și fiecare celulă. Tuburile pornesc din fiecare celulă radial spre arborele tamburului apoi, paralel sau prin acesta, ies la unul din capete și se leagă la discul mobil al capului de distribuție, care stabilește succesiv legătura dintre celulele filtrului și conductele de vid sau cele de aer comprimat:

— arborele tamburului care se rotește cu turație mică în lagăre puternice. La unul din capete, arborele are o roată dințată de acționare, iar la celălalt, capul de distribuție;

— capul de distribuție (fig. 279) este format din două discuri cu fețe rectificate: un disc mobil *1* fixat la capătul arborelui, avînd găuri distribuite pe o circumferință în care se fixează etanș conductele de legătură cu celulele și alt disc fix *2*, așezat în fața celuilalt și menținut apăsat și etanș cu celălalt prin apăsare cu un arc. Discul fix are pe fața lui mai multe orificii în legătură cu conductele de vid *3* și de aer comprimat *5*. Orificiile discului mobil trec succesiv prin fața orificiilor discului fix, stabilind legătura dintre celulele filtrului cu sistemul de aspirație a lichidului de spălare, sau cu aerul comprimat *4* pentru desprindere;

— cuțitul pentru desprinderea precipitatului, este format dintr-o lamă fixată la distanță convenabilă de tambur, paralel cu generatricea sa, fie dintr-o sîrmă, sfoară sau lanțuri care se mișcă o dată cu tamburul. Sîrmele sînt conduse apoi peste un rulou de diametru mai mic unde, din cauza întoarcerii bruște, se desprinde cea mai mare parte a precipitatului, iar restul se răzuiește cu un dispozitiv special;

— cuva plasată dedesubtul tamburului, alimentează în mod continuu, cu suspensie;

— rezervorul de suspensie, pompa de vid, rezervorul pentru colectarea filtratului, rezervorul pentru colectarea apei de spălare, compresorul de aer comprimat și recipientul de precipitat completează componența unui agregat de filtrare cu filtre rotative.

În timpul unei rotații a tamburului, fiecare celulă trece prin toate fazele filtrării. Cînd celula este afundată în suspensia din cuvă, este legată prin tubul de legătură și capul de distribuție — la conducta de vid pentru ieșirea filtratului. Suspensia este aspirată prin pînza filtrantă; precipitatul rămîne pe pînză, iar filtratul trece prin tubul de legătură, capul de distribuție și conducta de vid pentru filtrat, în rezervorul colector pentru filtrat. După ieșirea celulei din suspensie, ea rămîne legată de conducta de vid, astfel încît precipitatul depus pe pînza filtrantă să fie separat de soluția inițială.

Cînd celula ajunge în dreptul stropitoarelor de apă, este pusă în legătură cu a doua conductă de vid, care absoarbe apa de spălare din precipitat și o trimite la rezervorul pentru colectarea lichidului de la spălare.

Apoi cu ajutorul capului de distribuție, este pusă în legătură cu conducta de aer comprimat. Aerul pătrunde din interior prin pînza filtrantă,

Scanned with OKEN Scanner

micșorînd aderența precipitatului la aceasta. Celula în continuare ajunge în dreptul cuțitului care desprinde precipitatul și apoi este menținută sub acțiunea aerului comprimat care, trecînd prin pînza filtrantă, îi destupă porii, punînd-o în stare de funcționare pentru un nou ciclu.

Sistemul de filtre celulare, cu tambur rotativ prezintă unele inconveniente în funcționare:

– o insuficientă etanșeitate a celor două discuri ale capului de erupție, care fac legătură între celule și conductele de vid și de aer comprimat, produce prin scăpări reciproce anihilarea intensității presiunii cît și a vidului;

– spălarea defectuoasă a precipitatului din cauza repartizării neuniforme a apei de spălare în secțiunea stratului de precipitat;

– extragerea apei de spălare din precipitat, în timpul aspirației aerului, după spălare;

– îndepărtarea defectuoasă a precipitatului cu ajutorul cuțitului;

– griparea suprafețelor șlefuite ale discurilor, din cauza fazei solide care scapă în filtrat (prin ruperea pînzei filtrante ajunge între discurile capului de distribuție).

Aceste inconveniente au fost parțial îndepărtate prin perfecționarea sistemului, după cum urmează:

– zonele de vid și de presiune au fost separate etanș între ele prin dopuri culisante din lemn, ebonită sau grafit;

– s-a construit un nou cap de distribuție care să nu permită pătrunderea fazei solide între suprafețele metalice;

– precipitatul este spălat într-un mod uniformizat, prin montarea unor rulouri care susțin și conduc o pînză ce egalizează stratul de precipitat și îl stoarce;

– desprinderea precipitatului cu ajutorul cuțitelor este satisfăcătoare în cazul granulației mari a acestuia. Pentru celelalte sînt preferate sistemele de desprindere cu lanțuri sau sfori sau cu ajutorul rulourilor de preluare. Pentru suspensiile care filtrează greu și dau straturi subțiri de precipitat, se folosesc rulouri de cauciuc pentru îndepărtarea precipitatului.

Filtrul celular Dorrco cu suprafața filtrantă în interiorul tamburului. Formarea stratului de precipitat pe suprafața filtrantă exterioară a tamburului nu este rațională datorită faptului că pe pînza filtrantă, se depun în primul rînd particulele mici (cele mari se așază în straturile inferioare din rezervor) și astfel este îngreuiată filtrarea. Acest neajuns este înlăturat prin utilizarea filtrului cu vid cu funcționare continuă, care are suprafața filtrantă în interior (fig. 280). Celulele sînt dispuse în cerc, după circumferința tamburului și sînt întoarse cu partea utilă îmbrăcată cu pînza filtrantă spre interiorul tamburului.

Suspensia intră în tamburul *1* prin conducta *2* și se colectează în partea interioară a acestuia; particulele cele mai mari se depun în primul rînd pe suprafața filtrantă și astfel se evită îmbibarea pînzei cu particule fine. În

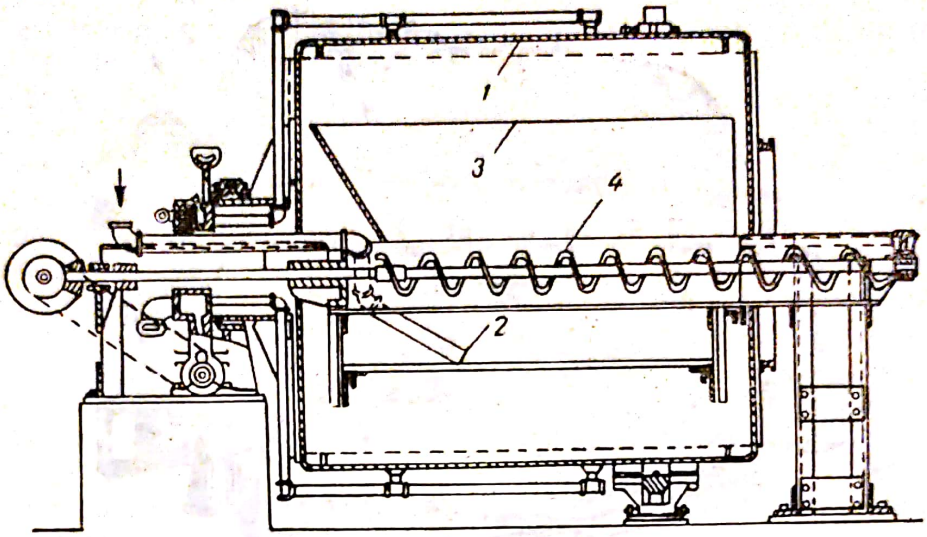


Fig. 280. Filtru tambur cu vid, cu suprafață filtrantă interioară.

acest fel turta are permeabilitate mai mare, se spală mai bine și se obține un filtrat mai limpede. Cuțitul *3* scoate precipitatul de pe filtru și-l face să cadă pe transportorul elicoidal sau cu bandă *4* de unde este eliminat pe la partea frontală deschisă a acestuia.

Filtrul cu vid cu discuri are o mare răspîndire, avînd funcționare continuă. Principalele avantaje ale acestor filtre, în comparație cu cele cu tambur sînt :

- consum mai mic de energie ;
- consum mai mic de pînză și simplitate în schimbarea acesteia ;
- costul redus al aparatajului și dimensiuni mai mici ;
- suprafețe mai mari de filtrare (pînă la 85 m²).

Filtrul cu vid cu discuri (fig. 281) are un ax cilindric gol în interior *1* pe care sînt fixate discurile *2* (sectoare individuale din lemn, aluminiu), înfășurate cu pînza filtrantă. Rezervorul *3* conține suspensia care se filtrează. În el se rotește axul cu discuri, cu 3 rot/min. În interiorul discurilor se creează vid, cu ajutorul pompei de vid (care este racordată la instalație, în același mod ca și la filtrele tambur cu vid) și se absoarbe lichidul prin pînza filtrantă în interiorul discurilor, fiind eliminat apoi prin axul gol în recipientul de filtrat. Precipitatul aderă la suprafața filtrantă a discurilor sub formă de turtă. Fazele de lucru sînt aceleași ca și la filtrele tambur cu vid. Filtrul este acționat printr-un reductor de viteză *4* de un motor electric *5*.

Filtrele cu vid cu bandă cu funcționare continuă au mare întrebuințare în industria chimică. Sînt formate (fig. 282) dintr-o masă lungă *1* pe care sînt fixate celule sau camere de vid care comunică cu rezervorul de filtrat și cu cel pentru apele de spălare. Deasupra mesei, alunecă o bandă de cauciuc perforată *2* cu secțiune de formă specială care rulează pe tamburul de

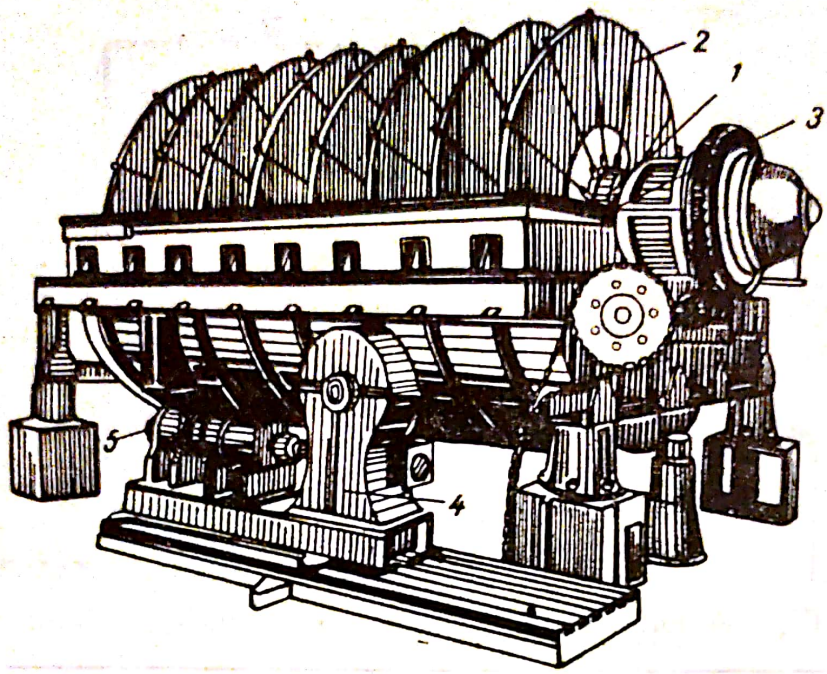


Fig. 281. Filtru cu vid cu discuri.

acționare *3* și tamburul de întindere *4*. Banda prezintă striațiuni și nervuri transversale care o împart în secțiuni. Pe părți are borduri înalte și jgheaburi pentru firele de cauciuc, cu ajutorul cărora se realizează aderenți țesăturii filtrante *5* de bandă.

Țesătura aderă de bandă cu ajutorul firelor de cauciuc cusute pe marginea ei și care intră în jgheaburile benzii de cauciuc. Suspensia se introduce prin jgheabul *6* în spatele căruia se găsește un prag cu care se reglează nivelul lichidului pe bandă. Precipitatul se spală cu apă din injectoarele *7* (dispozitiv de stropire) și se evacuează prin colectorul pentru filtrat *8*. Pînza se de-

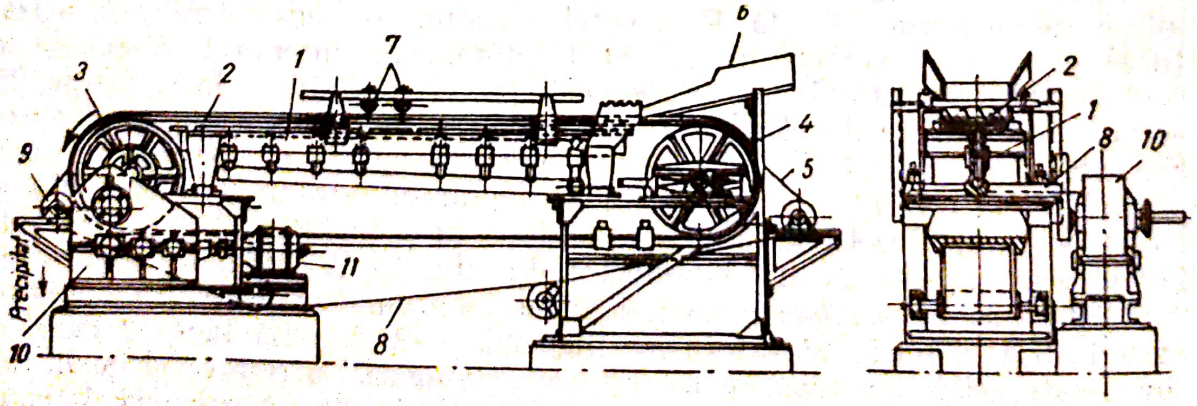


Fig. 282. Filtru cu vid cu bandă.

taşează pe bandă la capătul masei şi se îndoaie pe cilindrul *9* astfel încît precipitatul se desprinde de pe ea. Acţionarea filtrului se face printr-un reductor de viteză *10*, de către un motor electric *11*.

Sînt unele filtre cu bandă, la care banda de cauciuc este înlocuită cu cupe care au fundul fals perforat şi care sînt fixate pe un lanţ fără sfîrşit. Fundul cupelor este acoperit cu pînză filtrantă şi este legat prin tuburi elastice cu un sabot cu sertăraşe, care alunecă la suprafaţa camerei şi care comunică cu spaţiul de vid.

Un alt sistem de filtru cu bandă foloseşte o bandă filtrantă fără sfîrşit din pînză, întinsă pe un sistem de role de ghidaj. Ca o concluzie se poate spune că precipitatele cristaline uşor filtrabile, se filtrează folosind filtrele cu vid cu funcţionare continuă. Precipitatele amorfe care se filtrează mai greu se separă cu ajutorul filtrelor-presă şi filtrelor-nuce cu funcţionare periodică. Pentru filtrarea lichidelor vîscoase sau a celor volatile se utilizează însă, filtrele cu funcţionare continuă, care lucrează sub presiune. În felul acesta se obţine o capacitate mai mare de filtrare decît la filtrele cu vid care funcţionează la o diferenţă de presiune mai mică de 1 at.

C. ÎNTREŢINEREA, REVIZIA ŞI REPARAREA FILTRELOR

Utilajele şi instalaţiile pentru filtrare sînt de o mare diversitate, fiecărei metode de separare fiindu-i specifice o serie de utilaje sau de instalaţii. Ciclul de reparaţie variază de la tip la tip şi este în funcţie de agresivitatea lichidelor. La filtrele lente se aplică sistemul după necesităţi.

La filtrele-presă, înlocuirea pînzelor este obligatorie, cînd suprafaţa este degradată, mai ales la sistemele la care nu există posibilitatea de izolare a camerelor a căror pînză este degradată. Plăcile şi ramele se deformează pe suprafaţa de etanşare datorită operaţiilor de strîngere şi demontare. Cele de lemn se înlocuiesc, iar cele din metal se recondiţionează prin prelucrarea la dimensiuni de reparaţie.

Filtrele presă trebuie reparate capital, deoarece corpul filtrului şi barele de susţinere se uzează foarte lent. La interval de cîţiva ani se înlocuieşte şurubul dispozitivului pentru strîngerea plăcilor, se revizuiesc canalele şi armăturile pentru intrarea soluţiei şi apei de spălare, se rectifică placa frontală de presiune şi se schimbă robinetele conductelor pentru evacuarea filtratului.

Filtrele celulare rotative au o întreţinere mai pretenţioasă deoarece toate fazele filtrării se petrec în timpul rotirii tamburului. O atenţie deosebită trebuie acordată pieselor în mişcare ale amestecătoarelor, în cazul în care filtrele au şi dispozitive de amestecare şi agitare.

La asamblarea după reparaţie este necesar să se acorde o atenţie deosebită finisării suprafeţelor de lucru ale discului capului de distribuţie. Cea mai eficace este prelucrarea prin rodare cu pulberi abrazive. După reparare, se face proba în gol, timp de 10 sau 12 h.

Scanned with OKEN Scanner

Zilnic trebuie asigurată ungerea, conform schemei de ungere, trebuie făcut controlul pînzei filtrante și al etanșeității instalației de vid și aer comprimat. Periodic se impune demontarea capului de distribuție și controlată starea suprafețelor inelelor.

La 1 000 h de funcționare se face rectificarea suprafețelor de contact ale inelelor capului de distribuție și reglarea apăsării arcului, se face de asemenea verificarea lagărelor și fusurilor precum și înlocuirea pînzei filtrante.

După 4 000 pînă la 8 000 h de funcționare se recondiționează sau se înlocuiesc parțial piesele mecanismului de amestecare sau acționare.

Peste 12 000 h de funcționare, în afara reparațiilor curente se demontează filtrul și se măsoară uzura, se înlocuiește complet mecanismul de acționare și de amestecare a capului de distribuție, se înlocuiesc lagărele și se recondiționează la dimensiuni de reparație fusurile arborelui.

În ce privesc măsurile de protecția muncii, filtrele cu funcționare continuă prezintă o mare siguranță pentru muncitori. Astfel filtrele cu tambur rotativ sînt ușor de manevrat prin faptul că se alimentează continuu, lichidul fiind absorbit în interiorul tamburului, iar de aici este evacuat prin conducte în timp ce precipitatul se elimină mecanic. Cele cu funcționare discontinuă trebuie să fie închise cînd se lucrează cu substanțe toxice, funcționînd fie sub acțiunea unui gaz inert, fie cu o depresiune oarecare. Etanșeitatea acestora reduce pericolul de intoxicare, dar necesită măsuri de precauție la deschiderea și închiderea capacului filtrului.

Spre deosebire de acestea, filtrele-presă au avantajul că se descarcă cu ajutorul aerului comprimat dar au și dezavantajul că ruperea filtrelor necesită operații în plus.

Întrebări recapitulative

1. Care este principiul care stă la baza filtrării și care sînt produsele filtrării ?
2. Care sînt părțile componente ale unui filtru ?
3. Cum se clasifică filtrele ? După ce criterii de clasificare ?
4. Care este influența presiunii asupra vitezei de filtrare ?
5. De ce filtrul cu funcționare continuă este superior celui cu funcționare periodică ?
6. Să se descrie modul de funcționare al filtrului celular rotativ.
7. Cum se face întreținerea și repararea filtrelor ?

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul XIII CENTRIFUGE ŞI SUPERCENTRIFUGE

A. GENERALITĂŢI ŞI CALCUL

Centrifugele sînt aparate cu ajutorul cărora se separă fazele unui amestec eterogen, fiind bazate pe utilizarea forţei centrifuge.

Forţa centrifugă care acţionează asupra unui corp care se roteşte în jurul unei axe este dată de relaţia:

$$C = \frac{G \cdot n^2 \cdot R}{900} \quad [\text{kgf}] \tag{227}$$

în care:

C este forţa centrifugă, în kgf;
G — greutatea corpului, în kgf;
n — turaţia, în rot/min;
R — distanţa pînă la axa de rotaţie, în m.

Această forţă acţionează într-un plan perpendicular pe axa de rotaţie, pe direcţia razei tinzînd să îndepărteze materialul de axa de rotaţie. Astfel suspensiile sînt azvîrlite pe pereţii laterali ai centrifugei. Mărimea forţei este cu atît mai mare, cu cît turaţia este mai mare şi este proporţională cu greutatea corpului şi cu raza de rotaţie.

Este de preferat să se mărească turaţia, deoarece s-a constatat că tamburele cu diametrul mai mic, dar cu turaţie mare, pot să dezvolte o forţă centrifugă mai mare decît tamburele cu diametrul mare, dar cu turaţie mică.

La centrifugarea unui lichid, asupra acestuia acţionează două forţe: forţa gravitaţiei G şi forţa centrifugă C, din care cauză suprafaţa liberă a lichidului ia forma paraboloid de revoluţie.

În comparaţie cu presiunile apărute în procesul de filtrare forţele centrifuge acţionează asupra lichidului existent în centrifugă, cu o forţă mult mai mare, producînd separarea suspensiilor foarte fine, care ar fi înfundat filtrul obişnuit.

Mantaua rotorului centrifugei trebuie astfel calculată încît să poată rezista solicitărilor forţelor centrifuge care apar în timpul rotirii, atît datorită greutăţii proprii cît şi datorită încărcăturii maselor în mişcare.

Ţinînd seamă de aceşti factori, rezultă că peretele centrifugei este supus:

– solicitării datorită greutăţii proprii a mantalei care nu depinde numai de grosimea sa, ci şi de greutatea specifică a metalului din care este executată;

– solicitării proporționale cu pătratul turației și cu pătratul razei mantalei.

Debitul centrifugelor este definit ca fiind volumul suspensiei care intră în centrifugă în unitatea de tip (l/h sau m³/h) sau cu greutatea precipitatului obținut prin centrifugare, în unitatea de timp (kg/h).

Viteza procesului influențează de la caz la caz debitul centrifugei. Dacă se notează durata staționării suspensiei în tamburul centrifugei cu τ, considerînd alimentarea continuă, cu L lungimea tamburului și se apreciază că ω_m – viteza de trecere a suspensiei prin tambur – este egală cu volumul de suspensie V (în m³/s) care intră în centrifugă în unitatea de timp, raportat la aria secțiunii curentului de suspensie, $\pi(R_2^2 - R_1^2)$ se ajunge la relația:

$$\tau = \frac{L}{\omega_m} = \frac{L \cdot \pi \cdot (R_2^2 - R_1^2)}{V} = \frac{V_{util}}{V} \qquad (228)$$

Din relația de mai sus se deduce V, în m³/s de unde se poate transforma în m³/h. Volumul materialului poate fi considerat ca fiind 0,5 V.

Debitul unei centrifuge de orice tip, depinde de viteza procesului de separare care este determinată în primul rînd de regimul procesului. De aceea este necesar să se calculeze separat debitul centrifugelor de decantare și al celor de filtrare. În cazul centrifugelor de decantare debitul este dat de relația:

$$V = \frac{1\,800\, V_{tamb}}{\Sigma\tau} \quad [m^3/h] \qquad (229)$$

unde:

$\Sigma\tau$ este egală cu $\tau_{sedimentare} + \tau_{pornire} + \tau_{frinare} + \tau_{descărcare}$;

V_{tamb} – volumul tamburului;

iar în cazul centrifugelor filtrante, debitul orar, conform unor calcule ce nu fac obiectul cursului de față, este exprimat prin:

$$V = \frac{3\,000\, V_{tamb}}{\Sigma\tau} \quad [m^3/h] \qquad (230)$$

unde:

$\Sigma\tau$ este egală cu $\tau_{sedimentare} + \tau_{pornire} + \tau_{frinare} + \tau_{descărcare} + \tau_{spălare}$

Puterea necesară centrifugării. Pornind centrifuga se consumă putere necesară învingerii inerției maselor în mișcarea de rotație P_a, pentru lichid P_b, pentru frecarea axelor în lagăre P_c, pentru frecarea tamburului de stratul de aer din jur P_d, precum și alte rezistențe P_e,. Puterea pentru învingerea acestor rezistențe se numește *putere de pornire* și este mai mare decît *puterea de regim.*

Puterea de pornire $= P_a + P_b + P_c + P_d + P_e$

Puterea de regim $=P_c+P_d$ (pentru centrifugele cu funcţionare intermitentă)

Puterea de regim $=P_h+P_c+P_d+P_e$ (pentru centrifugele cu funcţionare continuă).

În general puterea motorului se ia cu 10 pînă la 20% mai mare decît cea calculată pentru puterile enumerate mai sus.

B. CLASIFICAREA CENTRIFUGELOR

Clasificarea centrifugelor poate fi făcută după următoarele criterii:

– după factorul de separaţie (centrifuge normale pentru care $K_s \leqslant 3\,000$ supercentrifuge pentru care $K_s < 3\,000$);

K_s fiind un factor de separare ce se calculează cu relaţia:

$$K_s = \frac{r \cdot n^2}{900} \qquad (231)$$

– după scopul care se urmăreşte (filtrare, decantare, clasificare, separare emulsii);

– după modul de evacuare a precipitatului (manuală cu descărcare de sus, cu descărcare gravitaţională pe jos, cu cuţite şi raclete, cu transportor elicoidal, cu pistoane pulsante, prin forţa centrifugă etc.);

– după poziţia arborelui (centrifugă verticală, orizontală înclinată);

– după modul de susţinere şi sprijinire (suspendată, sprijinită cu acţionare la partea de sus, cu acţionare la partea de jos);

– după modul de funcţionare (continuă şi discontinuă).

C. CONSTRUCŢIA ŞI EXPLOATAREA CENTRIFUGELOR

1. Centrifuge cu funcţionare discontinuă

Aceste centrifuge se construiesc în două tipuri, după modul cum se realizează transmisia mişcării de rotaţie:

– centrifuge cu transmisie în partea inferioară;

– centrifuge cu transmisie în partea superioară (suspendate).

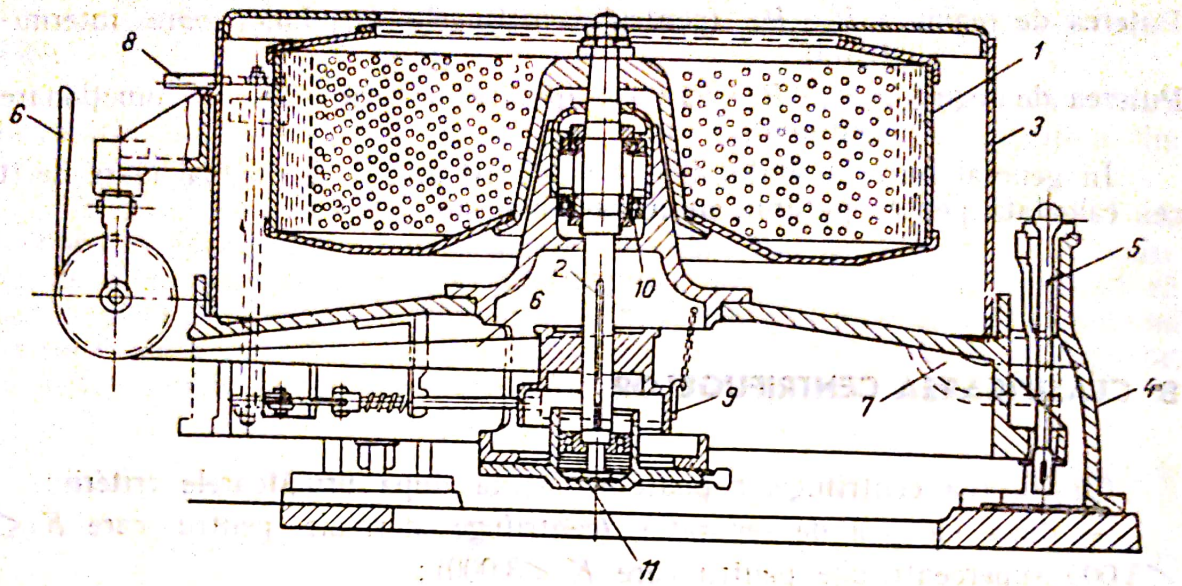


Fig 283. Centrifugă cu transmisie la partea inferioară

Centrifugele care au transmisia la partea inferioară (fig. 283) sînt centrifuge filtrante și constau dintr-un tambur *1*, fixat pe axul *2*, care se rotește în interiorul mantalei *3*. Aparatul este montat pe suporturile *4* și menținut în poziția de funcționare cu ajutorul unor contragreutăți *5*.

Tamburul este perforat și acoperit cu o pînză filtrantă care are scopul de a reține precipitatul, iar filtratul este evacuat prin conducta *7*.

Acționarea centrifugei se face cu un motor electric prin intermediul unor roți și curele de transmisie *6*. Susținerea ei se face pe lagărele *10* și *11*, a căror ungere și îngrijire trebuie făcută foarte atent.

Centrifuga se încarcă și după 30 pînă la 60 de secunde, atinge turația de regim, la care este menținută pînă la filtrarea șarjei. Oprirea se face cu ajutorul frînei *8* și a benzii de frînare *9* și după spălarea pînzei se repetă ciclul.

Centrifuga poate funcționa neregulat la pornire, datorită unor descentrări provocate de repartiția neuniformă a precipitatului. Aceste bătăi sînt periculoase și pentru atenuarea lor, centrifuga este prevăzută cu amortizoare.

Centrifugele suspendate au transmisia în partea superioară. Sînt mai puțin sensibile la sarcini neregulate și mai ușor de echilibrat, din cauză că au sprijinul deasupra centrului de greutate. Fac parte tot din categoria centrifugelor filtrante.

La centrifuga suspendată (fig. 284) axul *3* se rotește pe rulmenți cu bile, închiși în cutia *4*, fixată pe carcasa *5*. Pentru centrarea sigură a mașinii, cutia

se execută uneori cu suport sferic și se prevede cu tampon de cauciuc.

Fundul tamburului *1* este legat de butucul axului, cu ajutorul unor spițe, printre care are loc descărcarea sedimentului. Tot în fundul tamburului este o deschidere inelară, care în timpul funcționării se închide cu un con de închidere demontabil, pentru cazul în care se prelucrează anumite produse.

Tamburul filtrant se află în interiorul mantalei *2* și este acționat direct de motorul *10* (în unele cazuri se folosește și transmisia). Pentru oprire se folosește frîna *6*. Centrifugele suspendate mai sînt prevăzute cu un rezervor mic pentru apa de spălare *7*, conducte pentru apa de spălare *8*, conducte pentru abur *9*.

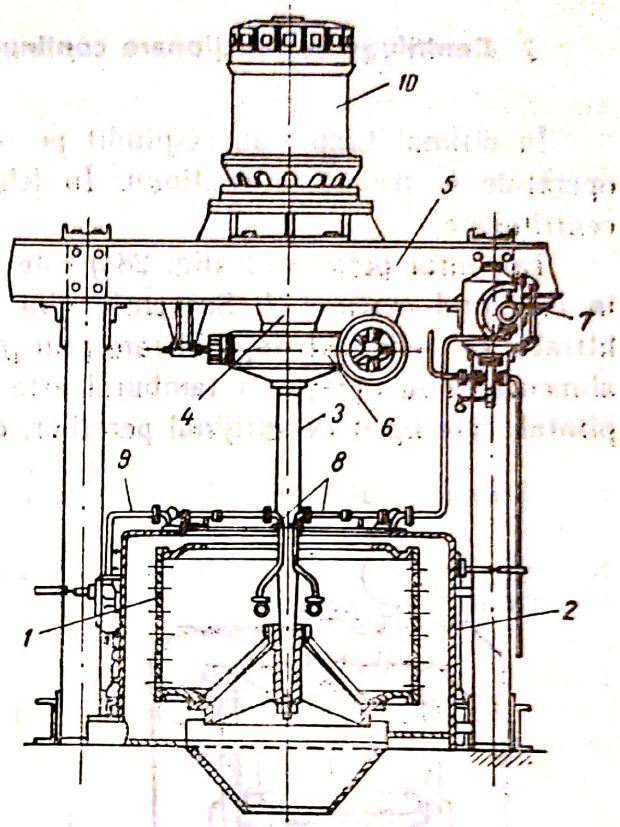


Fig. 284. Centrifugă suspendată.

Factorul de separare K, la centrifugele suspendate cu un diametru a tamburului de 1 000 și 1 200 mm este de 1 180 respectiv 615.

Există și unele sisteme de centrifuge la care partea inferioară a tamburului are forma conică, unghiul de înclinație al pereților fiind mai mare decît unghiul taluzului natural al sedimentului obținut. Datorită acestui fapt, sedimentul alunecă din tambur după oprirea mașinii. Aceste centrifuge poartă denumirea de *suspendate cu autodescărcare*.

Centrifugele suspendate se folosesc la separarea suspensiilor care necesită un ciclu scurt de centrifugare, iar cele suspendate cu autodescărcare sînt indicate la separarea sedimentelor al cărui taluz natural este mai mic de 65° și ale căror particule trebuie menajate în timpul descărcării din mașină.

Deoarece funcționarea discontinuă este legată de cheltuieli neproductive de timp și de energie, se folosesc centrifugele cu umplere *automată* a tamburului și cu îndepărtarea sedimentului în timpul funcționării normale a centrifugei.

Scanned with OKEN Scanner

2. Centrifuge cu funcționare continuă

În ultimul timp s-au răspîndit pe scară mare centrifugele la care toate operațiile se realizează continuu. În felul acesta a crescut randamentul de centrifugare.

Tamburul perforat *2* (fig. 285) este montat în carcasa *3* care se găsește în interiorul carcasei *1*. Suspensia vine prin conducta de alimentare *5*, iar filtratul este eliminat după filtrare prin jgheabul *4*. După o perioadă oarecare, alimentarea se oprește și tamburul este lăsat în jos. Fundul împinge precipitatul, care lipsit de sprijinul pereților, cade în rezervorul *6* după care ciclul

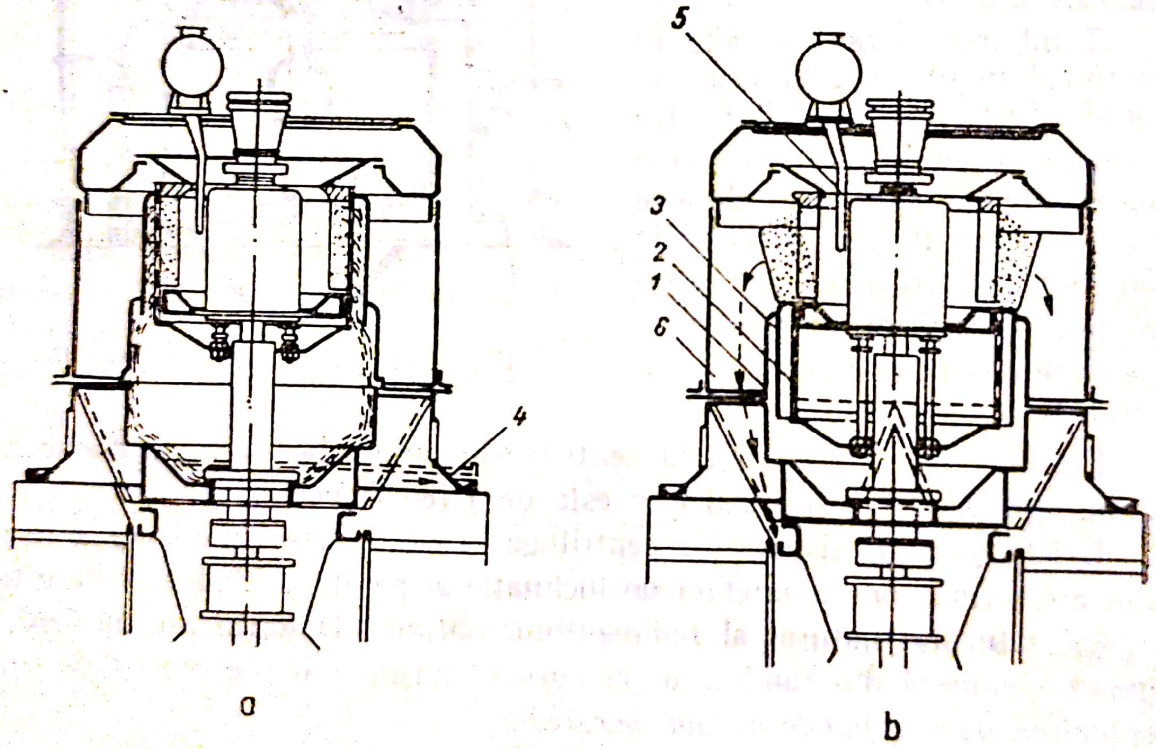


Fig. 285. Centrifugă cu funcționare continuă.

se repetă. Un strat subțire de precipitat rămas servește drept filtru. Acționarea tamburului se face hidraulic.

Tamburele acestor centrifuge au diametre cuprinse între 900 și 1 800 mm, turația fiind de 500 pînă la 800 rot/min la o putere de 15–50 CP.

3. Supercentrifuge

Suspensiile fine și emulsiile greu filtrabile se pot separa cu ajutorul centrifugelor cu turație mare numite *supercentrifuge*. S-a constatat că pentru o separare sau o limpezire mai bună a lichidului este necesar să se mărească numărul rotațiilor, să se micșoreze diametrul și să se mărească lungimea tamburului.

Ținînd seama de acest principiu, au fost construite diferite tipuri de supercentrifuge bazate pe decantare sau sedimentare, care se deosebesc între ele în special prin construcția tamburului și prin turație.

Două tipuri principale de supracentrifuge sînt mai des întîlnite:

– separatoare de lichid cu tamburul cu înălțime mică, care funcționează cu o turație de 5 000 pînă la 10 000 rot/min;

– supercentrifuge tubulare, cu tambur tubular, care funcționează cu o turație de 14 000 pînă la 45 000 rot/min.

Separatoarele de lichid funcționează continuu și sînt caracterizate prin faptul că nu au tambur perforat. Aceste aparate sînt destinate separării suspensiilor solide foarte fine și emulsiilor.

În figura 286 este redată schema unui separator folosit pentru emulsii. Tamburul separatorului este format din corpul cilindric *1* fixat pe arborele *5* și din capacul conic *2*, legat cu ajutorul piuliței olandeze *3*. În interiorul tam-

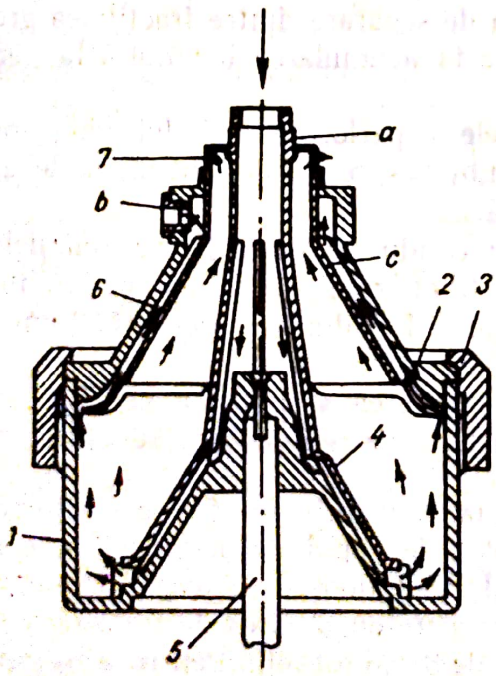


Fig. 286 Schema tamburului unui separator lichid.

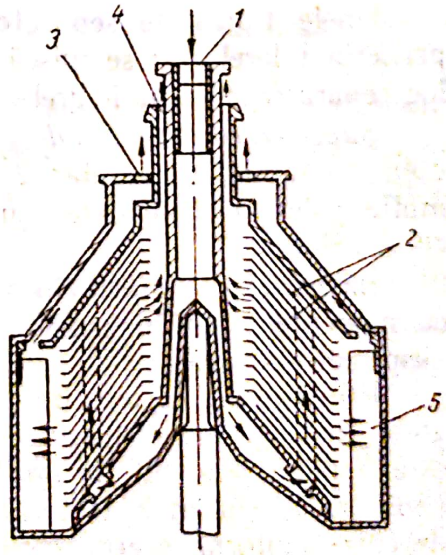


Fig. 287. Separator cu talere.

burului se găsesc talerul conic *4* care este format din tubul *a*, pe a cărei su prafață exterioară există pereții radiali *b* și pîlnia *c*. Emulsia intră prin tubul *a* și se deplasează în sensul arătat de săgeți. Sub acțiunea forței centrifuge, lichidul mai greu formează un strat pe pereții tamburului, trece prin spațiul inelar dintre tambur și pîlnia *c* și se evacuează prin orificiul *6*. Lichidul mai ușor, circulă mai aproape de centrul tamburului și se evacuează prin orificiul *7*. Cînd precipitatul umple aproape întreg volumul tamburului, se oprește centrifuga și se demontează tamburul pentru a fi curățat.

În scopul purificării suspensiilor fine (uleiuri, lacuri etc.) se folosesc adesea separatoare cu mai multe camere și cu mai mulți pereți concentrici, care formează o serie de goluri prin care trece succesiv (în direcții opuse) lichidul ce trebuie purificat. O îmbunătățire esențială adusă separatoarelor a fost împărțirea curentului de lichid din tambur într-o serie de straturi subțiri, cu ajutorul cîtorva pereți despărțitori conici (talere). În figura 287 este redat un *separator cu talere*, în care lichidul se împarte în straturi fără să-și mărească viteza, ceea ce duce la mărirea eficacității separării.

Emulsia se introduce prin conducta centrală *1* și ajunge în partea inferioară a tamburului de unde se distribuie printre talerele *2*, după ce trece prin orificiile care se găsesc în talere. Lichidul mai greu, sub acțiunea forței centrifuge este aruncat înspre peretele tamburului de unde este împins în sus și este evacuat prin orificiile *3*. Lichidul mai ușor se ridică pe talere spre centrul tamburului și se evacuează prin canalul inelar *4*.

Orificiile de pe talere se găsesc la zona de separare dintre fracțiunea grea și cea ușoară. Nervurile verticale *5* servesc la acumularea lichidului la periferia tamburului rotativ.

Unele tipuri de separatoare au talerele neperforate, lichidul vine spre periferia talerelor și se mișcă în straturi subțiri spre tubul central, unde are loc separarea fracțiunii grele de cea ușoară.

Supercentrifugele tubulare (fig. 288) au conducta *3* pentru accesul lichidului în tamburul tubular *2*. În interiorul tamburului există un inel cu mai multe palete radiale care ușurează acumularea lichidului la periferia tamburului rotativ.

Lichidul se împarte în straturi după greutatea specifică a părților sale componente și astfel are loc separarea particulelor solide care se găsesc în suspensie în lichid.

Prin orificiul *4* iese fracțiunea ușoară, iar prin orificiul *5* iese fracțiunea grea. Rotorul supercentrifugei este suspendat de capul de acționare *6*, care este o piesă deosebit de importantă. Capul de acționare se leagă elastic cu axul flexibil (fusul) *7*. Rotorul este pus în mișcare cu o curea de transmisie *8* de către motorul electric care are o turație de 3 000 rot/min. Pentru a asigura stabilitatea părții inferioare a rotorului și pentru absorbirea loviturilor ra-

Scanned with OKEN Scanner

diale se foloseşte lagărul de ghidaj *9*. Centrifuga este prevăzută cu o frînă *10* plasată în corpul *1*.

Supercentrifugele se construiesc cu tambure de separare sau de limpezire. Aceste două tipuri de tambure au la partea superioară deschideri pentru evacuarea lichidului limpezit sau a lichidului mai uşor (în cazul separării lichidului).

De asemenea, în tamburul de separare se montează o diafragmă inelară cu deschiderea verticală pentru reglarea nivelului lichidului greu, iar în capacul tamburului se fac găuri pentru evacuarea lichidului mai greu.

În cazul în care lichidul de prelucrat conţine impurităţi solide care se depun pe suprafaţa interioară a tamburului, se opreşte supercentrifuga periodic, pentru curăţare. Totuşi poate funcţiona normal, chiar cu un strat de precipitat destul de gros în tambur.

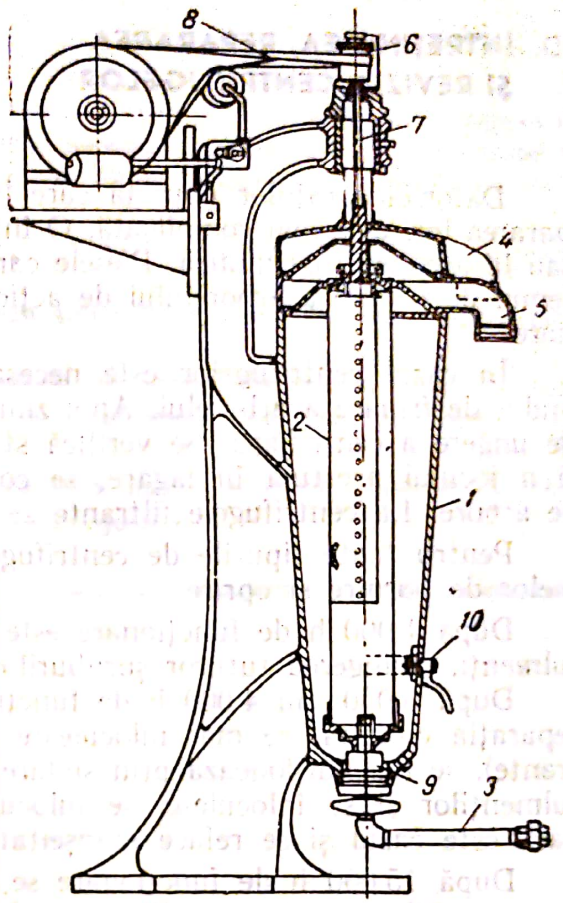


Fig. 288. Supercentrifugă.

Supercentrifugele sînt folosite cu eficacitate mare, atunci cînd se prelucrează lichide care necesită o aparatură etanşă şi cînd se efectuează un proces la o temperatură constantă, înaltă sau joasă, deoarece suprafaţa de schimb este foarte mică la aceste aparate. Supercentrifugele tubulare, în comparaţie cu separatoarele cu talere, au un gabarit mic, construcţie simplă şi sînt comode în exploatare.

Se poate întîmpla totuşi, la îndepărtarea impurităţilor solide foarte fin dispersate din suspensie, ca debitul supracentrifugei să fie mai mic decît debitul unui separator cu talere, din cauza antrenării particulelor solide în timpul mişcării turbulente a lichidului în tamburul centrifugei.

La alegererea supercentrifugelor, este necesar să se ţină seama de concentraţia fazei solide în suspensia care urmează să fie separată, precum şi de uşurinţa de separare a suspensiei, care se caracterizează prin viteza de sedimentare a particulelor fazei disperse sub acţiunea forţei gravitaţiei.

D. ÎNTREȚINEREA, REPARAREA ȘI REVIZIA CENTRIFUGELOR

Datorită turațiilor mari la care lucrează centrifugele, întreținerea și repararea lor, este mai complicată. O întreținere necorectă duce la avarii grave sau la accidente de muncă. Piesele care se uzează cel mai des sînt : sita, sistemul de frînare a arborelului de acționare a centrifugei și arborele de acționare.

În cazul centrifugelor este necesară înaintea pornirii, verificarea sistemului de frînare a arborelui. Apoi zilnic se asigură ungerea, conform schemei de ungere a centrifugei. Se verifică starea de uzură a rulmenților arborelui și a jocului acestuia în lagăre, se controlează rigiditatea fixării tamburului pe arbore. La centrifugele filtrante se curăță sita.

Pentru toate tipurile de centrifuge se verifică buna funcționare a sistemelor de pornire și oprire.

După 1 000 h de funcționare este necesară spălarea subansamblurilor cu rulmenți, strîngerea tuturor șuruburilor și verificarea echilibrului tamburului.

După 3 000 sau 4 000 h de funcționare, în afara lucrărilor prevăzute la reparația curentă, se mai înlocuiește sita filtrantă (în cazul centrifugei filtrante), se recondiționează prin sudare mantaua centrifugei, se verifică uzura rulmenților și se înlocuiesc, se înlocuiește tamponul de cauciuc amortizor dacă este cazul și se reface etanșeitatea rulmentului lagărului inferior.

După 15 000 h de funcționare se execută în afara operațiilor prevăzute la reparațiile curente și mijlocii și demontarea generală a centrifugei și se constată uzura ei, se înlocuiește rotorul, se recondiționează mantaua prin sudare, se înlocuiesc toți rulmenții și sita și se face echilibrarea dinamică a rotorului.

Din punctul de vedere al măsurilor de protecția muncii centrifugele cu funcționare periodică au dezavantajul că trebuie încărcate și descărcate manual, ceea ce poate prezenta pericole pentru muncitori. Din această cauză este indicată folosirea centrifugelor cu funcționare semicontinuă sau cu funcționare continuă.

De asemenea există pericolul ruperii tamburului la turații excesive sau ca urmare a uzurii neidentificate la timp. Încărcările peste limită sau vibrațiile puternice la sarcini neuniforme pot duce, de asemenea, la accidente dacă nu se iau măsuri de securitate. Centrifugele trebuie să fie prevăzute cu capac de protecție, frîne de oprire, dispozitive de pornire și oprire cu funcționare sigură. Este interzisă deschiderea capacului centrifugei în timpul funcționării și orice intervenție se efectuează numai după ce centrifuga a fost oprită.

Toate centrifugele trebuie să aibă o tăbliță de prezentare, care să indice încărcarea maximă admisă, turația maximă etc.

Scanned with OKEN Scanner

Întrebări recapitulative

1. Pe ce principii se bazează funcționarea centrifugelor ?
2. La ce solicitări este supusă mantaua rotorului centrifugei ?
3. Cum se clasifică centrifugele ? Care sînt criteriile de clasificare ?
4. În ce constă superioritatea centrifugelor cu funcționare continuă ?
5. Ce supercentrifuge sînt utilizate mai des în industria chimică ?
6. Care sînt problemele de bază care stau în atenția personalului ce asigură întreținerea, repararea și revizia centrifugelor ?
7. Ce măsuri de protecția muncii se iau la repararea centrifugelor și supercentrifugelor ?

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul XIV CRISTALIZATOARE

A. GENERALITĂȚI

Cristalizarea este operația cea mai bună de obținere a substanțelor în stare pură prin separarea fazei solide dintr-o soluție sau o topitură.

Un corp cristalizează cînd soluția conține o cantitate de substanță dizolvată mai mare decît cea corespunzătoare solubilității sale la temperatura dată, deci cînd soluția este *suprasaturată*. La o temperatură dată, orice soluție poate deveni *saturată* dacă solventul conține o cantitate maximă de substanță solidă dizolvată. În această soluție faza solidă și faza lichidă sînt în echilibru. Prin răcirea soluției saturate, o parte din substanța solidă dizolvată se separă ca fază solidă, sub formă de cristale, soluția devenind *suprasaturată*.

Același rezultat se poate obține prin creșterea temperaturii, care va produce evaporarea solventului.

Cristalizarea se realizează în două etape distincte:
- formarea germenilor de cristalizare;
- creșterea cristalelor formate.

Viteza de cristalizare se măsoară prin numărul de germeni de cristalizare formați în unitatea de timp și pe unitatea de volum a soluției. Mărimea cristalelor și numărul lor depind de o serie de factori fizici și chimici ca: temperatura soluției, rapiditatea răcirii, gradul de agitare, viscozitatea soluției, gradul de puritate al acesteia etc.

Printr-o răcire lentă se formează cristale mari dar în număr mic, pe cînd la o răcire rapidă apare un număr mare de germeni; printr-o agitare intensă și o concentrație mare a soluției apar cristale microscopice cu fețe puțin dezvoltate.

Apariția centrelor de cristalizare este înlesnită de prezența unor corpuri străine prezente în soluția de cristalizat.

Substanțele degajează o cantitate de căldură, în timpul cristalizării, numită *căldură de cristalizare*, care este egală cu căldură absorbită la dizolvarea cristalelor respective. Deci cristalizarea este favorizată de cedarea căldurii de la soluție către exterior; astfel apare necesitatea preluării căldurii de cristalizare printr-o răcire oarecare în aparatura de cristalizare.

Scanned with OKEN Scanner

În unele procese tehnologice se utilizează *cristalizarea fracționată* care necesită ca substanțele ce trebuie să cristalizeze în sisteme cristalografice diferite, iar diferența de solubilitate să fie cît mai mare.

Metoda cristalizării fracționate se aplică la extragerea clorurii de potasiu din minereu, unde se găsește în prezența clorurii de sodiu, la deparafinarea uleiurilor sau dezuleierea gaciurilor etc.

B. CLASIFICARE, CONSTRUCȚIE ȘI CALCUL

Metodele și aparatele de cristalizare se pot împărți în două grupe:
– cristalizarea prin eliminare (evaporarea) parțială a solventului;
– cristalizarea prin răcirea soluției.

a. Cristalizarea prin eliminarea unei părți din solvent

Această metodă se poate realiza prin:

– evaporarea la o temperatură mai joasă decît temperatura de fierbere a soluției;

– concentrarea soluției prin fierbere;

– vaporizarea în vid.

Metoda de cristalizare prin evaporarea solventului la o temperatură mai joasă decît temperatura de fierbere a soluției este folosită pentru obținerea unor cristale mari de substanță. În această categorie intră evaporarea naturală la presiunea atmosferică (depunerea sării din apa de mare). Procesul este realizat în bazine descoperite, cu suprafață mare și adîncime de lichid mică. Grăbirea formării centrelor de cristalizare în soluție se realizează prin suspendarea din loc în loc a unor benzi de metal, sfori etc., iar creșterea cristalelor este accelerată prin agitare. Prin evaporarea solventului se produce și răcirea soluției, fapt care favorizează cristalizarea.

Descărcarea acestor cristalizatoare se face manual.

Aparatele cele mai utilizate în unitățile chimice și petroliere pentru cristalizarea prin evaporarea naturală a soluției sînt următoarele: cuva de cristalizare, turnul de stropire-cristalizare și cristalizatorul cilindric rotativ.

Cuva de cristalizare este asemănătoare bazinelor descoperite și lucrează în mod discontinuu.

Turnul de stropire-cristalizare (fig. 289) se utilizează pentru cantități mari de soluție de cristalizat, în timp scurt. Funcționează continuu. Poate fi de 20 pînă la 30 m înălțime și este construit din lemn. Soluția de cristalizat vine

Scanned with OKEN Scanner

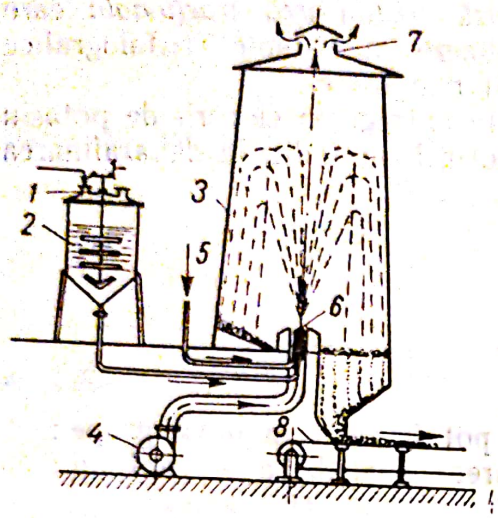


Fig. 289. Turn de stropire-cristalizare.

prin racordul *1* în agitatorul *2*, de unde pleacă prin cădere liberă la fundul turnului *3*, unde este pulverizată prin ajutajul *6*, cu ajutorul unui curent de aer comprimat *5*. Curentul de aer ce trece prin suflanta *4* răcește și evaporă soluția pulverizată în turn. Aerul iese din turn prin deschiderea *7*. Cristalele adunate la baza turnului, sînt transportate cu banda transportoare *8* spre centrifugare.

Cristalizatorul cilindric rotativ (fig. 290) are cea mai largă utilizare. Este format dintr-un tub cilindric *1* sprijinit la capete pe rolele *2*. Coroana dințată *3* se rotește împreună cu aparatul și este antrenată de un pinion acționat de un motor electric prin intermediul unui reductor de viteză. Ventilatorul *4* suflă aer în sensul opus lichidului, producînd răcirea soluției și evaporarea unei părți din solvent.

Mantaua *5* din lemn, folosește la izolarea termică a cilindrului, iar țevile *6* așezate la partea inferioară a acestuia, folosesc la evitarea lipirii cristalelor pe pereții lui.

Cilindrul are o înclinare de 3—5° care permite soluției de cristalizat să curgă continuu, într-un strat subțire, iar cristalele și soluția-mumă ies, într-un colector, pe la capătul opus.

Factorii constructivi sînt determinați pe cale experimentală pentru fiecare caz concret. Diametrul și lungimea cilindrului, grosimea stratului de lichid, consumul de aer și energie, sînt în funcție de proprietățile soluției și de mărimea dorită a cristalelor.

Turația și înclinarea cilindrului depinde de debitul și grosimea stratului de lichid. Dacă este necesară o răcire mai mare, se folosește apă care circulă

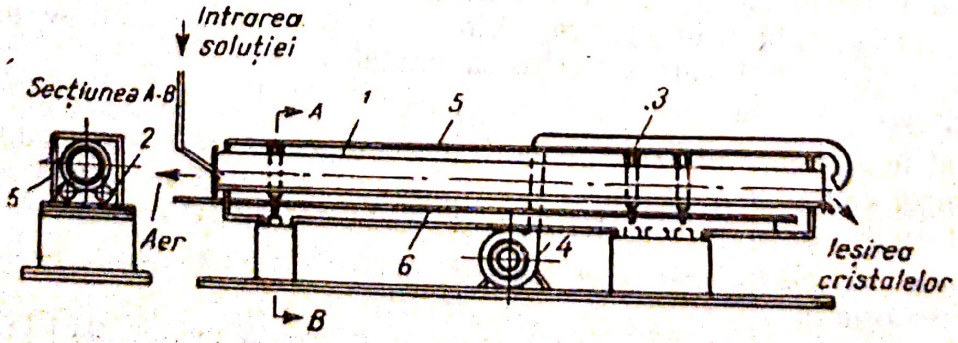


Fig. 290. Cristalizator cilindric rotativ.

printr-o manta de răcire în contracurent cu soluția. În acest caz procesul este mai economic însă cristalele depuse sînt mai mici.

Concentrarea soluției prin fierbere este una din metodele rapide de cristalizare. Aparatele de vaporizare pot fi în același timp și aparate de cristalizare. Din soluția care se concentrează cristalele se depun la fundul evaporatorului, care se termină cu un con (la partea inferioară) care trimite alternativ cristalele, în doi colectori speciali de unde sînt evacuate și separate prin filtrare sau centrifugare, de soluția-mumă. Depozitul de cristale format pe pereți, este necesar să fie îndepărtat, pentru a nu diminua transmiterea de căldură care să împiedice procesul de vaporizare. De obicei prin această metodă se ajunge la o oarecare concentrație a soluției, după care se continuă operația în cristalizatoare obișnuite.

În scopul prevenirii accidentelor (înfundarea racordului de evacuare) sau obținerea unei calități superioare a substanței cristalizate, este necesar să se determine experimental pentru fiecare caz în parte, *concentrația limită* pînă la care se poate face vaporizarea prin această metodă.

Cristalizarea prin vaporizare în vid se bazează pe principiul următor: dacă soluția se introduc într-un aparat în care se face vid, datorită autoevaporării, soluția se răcește pînă la temperatura corespunzătoare presiunii vaporilor de pe suprafața soluției. Dacă solubilitatea substanței dizolvate descrește cu scăderea temperaturii, substanța se va cristaliza. Vaporii degajați din soluție sînt condensați în condensatoare de suprafață sau de amestec. Dacă soluția este fierbinte și vidul este avansat, se poate considera că funcționarea utilajului va fi bună.

Cristalizatorul cu vid (fig. 291) are funcționare continuă și anume: soluția fierbinte intră prin racordul *1* în cristalizatorul sub vid *2*. Vidul este realizat cu ajutorul ejectorului cu abur *14* și ca urmare a acestui fapt se produce o fierbere energică cu formare de vapori, care sînt duși spre condensare prin tubul *3*, soluția astfel concentrîndu-se.

Sita metalică *4*, are rolul de a reține picăturile de soluție sau spumă antrenate de vapori în drumul lor ascendent.

Cristalele care se aglomerează la partea de jos a vasului *2*, cad prin conducta barometrică *5* în separatorul de cristale *6*. Cu ajutorul pompei *15*, este tras amestecul de

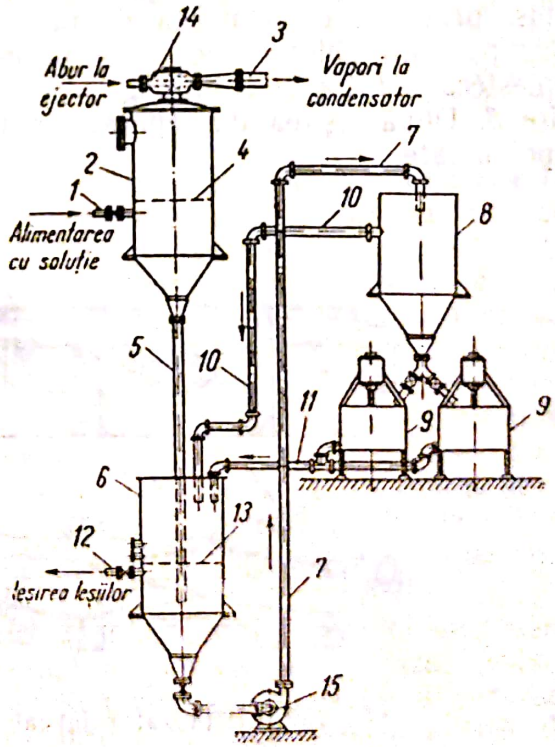


Fig. 291. Instalație de cristalizare în vid.

cristale şi leşiile mame şi trimise prin conducta *7* în vasul distribuitor *8*, de unde cade în centrifugele filtrante *9*. De aici prin conductele *11* leşia-mamă este evacuată în vasul *6*. Sita *13* reţine urmele de cristale, iar leşia-mamă este îndepărtată prin conducta *12*. Conducta *10* îndeplineşte rolul de preaplin între vasele *8* şi *6*.

Pentru economicitate se pot utiliza şi instalaţii de cristalizare în vid cu mai multe corpuri.

b. Cristalizarea prin răcirea soluţiei

Cînd se urmăreşte un proces de cristalizare mai rapid şi mai economic se foloseşte metoda de răcire a soluţiei cu apă sau amestecuri refrigerente, în special în soluţii la care solubilitatea substanţei scade repede cu temperatura.

Un tip de cristalizator, este *cristalizatorul jgheab cu agitare şi răcire* (fig. 292) de mare utilizare datorită faptului că are funcţionare continuă, capacitate mare de producţie şi este economic în ce priveşte spaţiul şi mîna de lucru.

Este folosit în industria anorganică, unde se produce cristalizarea în cantităţi mari a sulfatului de sodiu, fosfatului trisodic, bicarbonatului de sodiu etc.

Este format dintr-un jgheab cu fundul de formă semicilindrică *1* deschis, prevăzut cu o manta de răcire *2* şi cu un sistem de agitare lentă *3* (compus din palete lungi puse în mişcare de o transmisie exterioară) care amestecă soluţia şi o împinge de la orificiul de intrare *4* către cel de ieşire *5*. După ieşirea din aparat, cristalele sînt separate prin centrifugare şi apoi uscate.

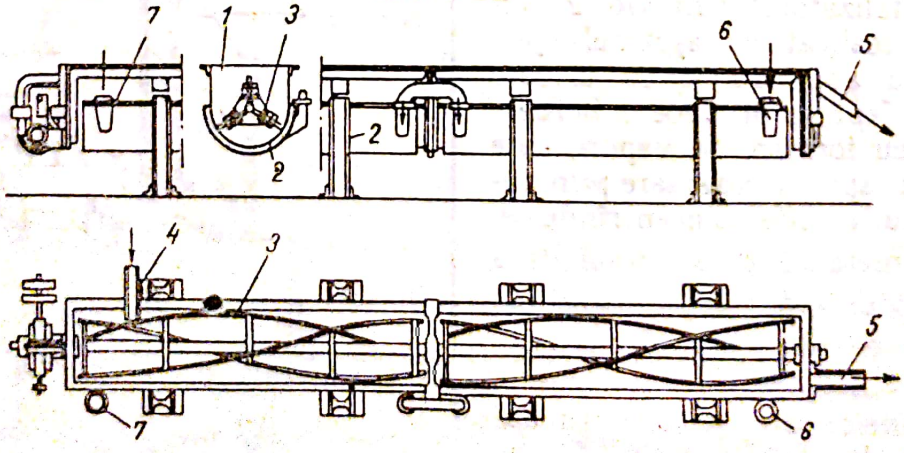


Fig. 292 Cristalizator jgheab cu agitare şi răcire.

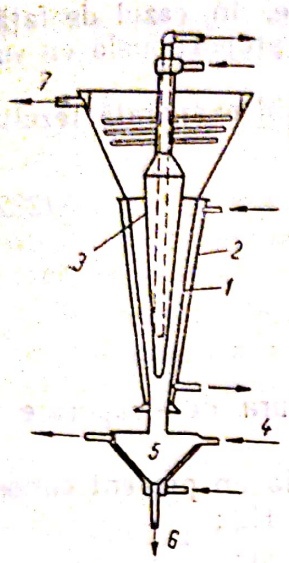


Fig. 293. Cristalizator conic.

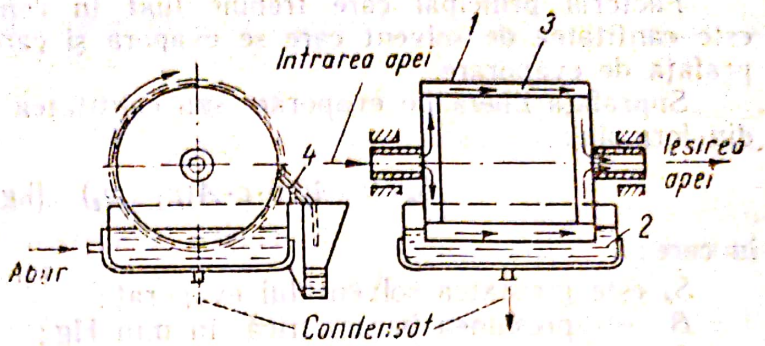


Fig. 294. Cristalizator (solzificator) rotativ cu răcire interioară.

Răcirea se realizează cu ajutorul apei care circulă prin manta în contracurent cu soluția, intrînd prin orificiul *6* și ieșind prin orificiul *7*.

Cristalizatorul conic (fig. 293) este format din vasul propriu-zis *1*, dintr-o manta exterioară *2* și un răcitor conic interior *3*. Soluția circulă de jos în sus prin aparat intrînd prin punctul *4* și răcindu-se, se produce cristalizarea. Cristalele mărindu-se, devin mai grele și cad în vasul *5* de unde sînt evacuate prin orificiul *6* și apoi centrifugate. Soluția epuizată este evacuată prin racordul *7*.

Cristalizatorul (solzificator) cu răcire interioară (fig. 294) se utilizează la cristalizarea substanțelor în stare topită (obținerea solzilor din topitura de sodă caustică) și este format dintr-un tambur de fontă *1*, care are o manta interioară de răcire cu apă *3*. Tamburul are o viteză de rotație de 3 pînă la 5 rot/min și este prevăzut cu un ax gol prin interior, care se reazemă pe două lagăre. Apa de răcire intră și iese din tambur prin axul de rotație. Din cuva *2* topitura aderă pe suprafața tamburului *1* prin rotirea acestuia, unde se solidifică și de unde este îndepărtată cu ajutorul răzuitorului *4*.

Cuva *2* este prevăzută cu manta de încălzire cu abur, pentru evitarea solidificării materialului din interiorul acesteia. Capacitatea de producție a aparatului este în funcție de lungimea tamburului, de adîncimea de cufundare în lichid, de numărul de rotații pe minut și de temperatura de cristalizare a substanței.

Calculul dimensiunilor cristalizatoarelor presupune intervenția unei serii de factori care influențează mersul normal al procesului. În cazul de față se consideră că vasul de cristalizare funcționează prin evaporarea naturală a solventului. Răcirea soluției se produce prin eliminarea căldurii latente de evaporare.

Factorul principal care trebuie luat în considerare, în cazul de față este cantitatea de solvent care se evaporă și care este proporțională cu suprafața de evaporare.

Suprafața liberă de evaporare sau cantitatea de lichid evaporată rezultă din formula:

$$S_e \cdot B = 45{,}6 \cdot c \cdot A(p_1 - p_2) \quad [\text{kg}] \qquad (232)$$

în care:

S_e este greutatea solventului evaporat;
B — presiunea barometrică, în mm Hg;
A — suprafața liberă de evaporare, în m²;
p_1 — presiunea parțială a vaporilor la temperatura de evaporare a lichidului, în mm Hg;
p_2 — presiunea parțială a vaporilor în aer umed, la un procent cunoscut de umiditate și de temperatură, în mm Hg;
c — coeficient = 0,55 pentru aer liniștit (v = 0,2 m/s);
= 0,71 pentru aer cu circulația lentă (v = 0,9...1 m/s);
= 0,86 pentru aer cu circulația rapidă (v = 1,6...2 m/s).

Din formula de mai sus, se poate determina *suprafața de evaporare A*, dacă se cunoaște S_e iar din suprafață se deduce lungimea și lățimea cristalizatorului.

C. ÎNTREȚINEREA, REVIZIA ȘI REPARAȚIILE CRISTALIZATOARELOR

Întreținerea și repararea utilajelor folosite pentru cristalizare sînt diferite în funcție de tipul cristalizatoarelor utilizate. Astfel, cristalizatoarele tip cuvă, au o întreținere simplă care se reduce la verificarea stării pereților cuvei, iar repararea și revizia este determinată de agresivitatea soluției supusă cristalizării.

Turnul de stropire-cristalizare este format dintr-o serie de utilaje despre a căror montare, întreținere, reparare etc. s-a vorbit în capitolele anterioare (compresor de aer, suflante de aer). Întreținerea celorlalte părți din turn au ca scop principal menținerea în bună stare a pereților acestuia, refacerea etanșeității conductelor, funcționarea normală a pulverizatorului prin îndepărtarea cristalelor depuse etc.

O dată cu repararea suflantei și compresorului se înlocuiesc pulverizatoarele și se recondiționează pereții turnului sau eventual se înlocuiesc (în cazul reparațiilor capitale). Cristalizatoarele cilindrice rotative se montează, se întrețin și se repară asemănător cu celelalte utilaje de acest fel care au fost

studiate anterior. Se are în vedere în mod deosebit : ventilatorul, transmisia cu roți dințate, rulmenții, rolele de ghidare etc.

Reparația curentă constă din curățirea cilindrului rotativ, controlarea armăturilor, refacerea jocului dintre dinții roților dințate, asigurarea etanșeității etc.

Reparația mijlocie se efectuează după aproximativ 4 000 h de funcționare și se realizează prin înlocuirea rulmenților și armăturilor, recondiționarea ventilatorului și a suprafeței de lucru a cilindrului rotativ etc.

Reparația capitală se face după 8 000 h de funcționare prin recondiționarea generală a cristalizatorului începînd cu tamburul rotativ sau chiar înlocuirea acestuia cînd prezintă o corodare avansată.

Cristalizatoarele cu jgheab se montează și se întrețin în condiții asemănătoare cristalizatoarelor tip cuvă în plus fiind necesară supravegherea și ungerea mecanismului de agitare sau basculare.

Cristalizatorul cu agitare și manta de răcire reprezintă din punct de vedere al întreținerii și reparației, un utilaj care se încadrează în categoria schimbătoarelor de căldură cu manta.

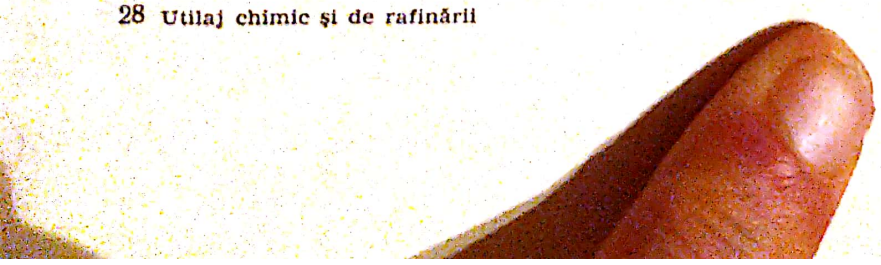
D. NORME DE TEHNICĂ A SECURITĂȚII MUNCII

În instalațiile de cristalizare, pericolele de arsuri termice sau chimice se previn prin utilizarea unor instalații cu alimentare și evacuare continuă, respectiv mecanizată. Purtarea echipamentului și în special a ochelarilor de protecție este necesară.

Uscarea cristalelor prezintă pericol de incendiu sau de explozie și de aceea trebuie să se dea o mare atenție separării substanțelor de contact direct cu flacăra sau cu elementele metalice încălzite. Cînd se folosesc uscătoare electrice, acestea trebuie să fie capsulate. În uscătoarele cu funcționare periodică, materialul este introdus manual, iar încălzirea se efectuează cu aer cald. Îndepărtarea solvenților ușor volatili prezintă, în general, pericol de explozie.

Muncitorii nu trebuie să intre în camerele de uscare pentru manipularea materialului decît după ce controlul temperaturii și al concentrației vaporilor toxici arată că acestea au scăzut sub limita admisibilă. Un regim bun de funcționare se poate realiza prin controlul și reglarea automată a temperaturii de uscare la suprafețele periculoase.

La uscătoarele cu funcționare continuă, mecanizarea elimină condițiile periculoase și vătămătoare de la uscătoarele cu funcționare periodică. Totuși mai sînt necesare unele măsuri care să elimine accidentele ce se pot produce prin lovirea muncitorilor de către vagonetele ce transportă materialul etc.



Scanned with OKEN Scanner

Întrebări recapitulative

1. Ce este cristalizarea și ce scop are în industria chimică și de rafinării ?
2. Care sînt principalele tipuri constructive de cristalizatoare ?
3. Din cîte părți constructive este format cristalizatorul cilindric rotativ ?
4. Cum se realizează cristalizarea prin concentrarea soluției prin fierbere ?
5. Cum se realizează cristalizarea prin vaporizare în vid ?
6. Cîte tipuri de cristalizatoare se folosesc pentru cristalizarea prin răcirea soluției ?
7. Care sînt principalele obiective în operațiile de întreținere, reparare și revizie a cristalizatoarelor ?

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul XV

AUTOCLAVE

A. GENERALITĂȚI

Autoclavele sînt recipiente în care se produc procese fizico-chimice (reacții) ce trebuie să aibă loc la o anumită presiune și temperatură.

Procesele fizico-chimice care au loc în autoclave se dezvoltă în condiții foarte diferite de presiune și temperatură, constînd din reacții continue sau discontinue. Aceste condiții impun ca autoclavele să aibă diferite forme și capacități.

B. CLASIFICARE

Autoclavele se pot clasifica în funcție de presiune, temperatură, dispozitive de agitare, formă, material.

După presiunea la care au loc reacțiile în autoclave, acestea se împart în autoclave rezistente la :

- presiune ;
- vid ;
- presiune și vid ; .

După temperatura necesară reacțiilor, autoclavele pot lucra la :

- temperatura ambiantă (fără manta) ;
- temperaturi ridicate (cu manta de încălzire) (fig. 295) ;
- temperaturi scăzute (cu manta de răcire).

Reacțiile pot avea loc în autoclave :

- fără dispozitive de agitare (fig. 295) ;
- cu dispozitive de agitare.

După poziția de montare autoclavele pot fi :

- montate vertical (fig. 295) ;
- montate orizontal.

Funcție de proprietățile substanțelor care sînt vehiculate în autoclavă, materialul de construcție al autoclavei poate fi :

- fonta (cenușie) ;

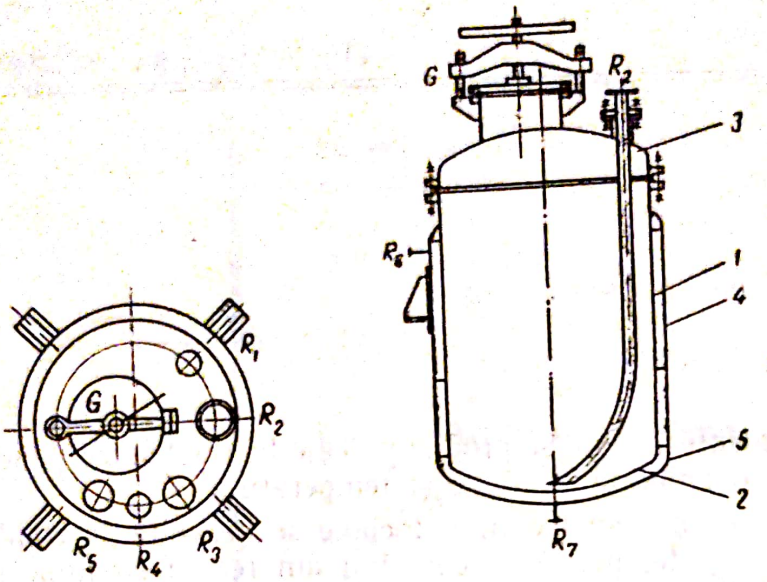


Fig. 295. Autoclavă pentru topit toluidină.

– oțelul turnat ;
– oțelul carbon ;
– oțelurile slab aliate (cu crom, molibden) ;
– oțelul inoxidabil de tipul 18.8 ;
– metale neferoase ca : aluminiu, plumb sau numai căptușite cu plumb, cauciuc etc.

C. CONSTRUCȚIE ȘI CALCUL

Forma cea mai des întîlnită a autoclavelor este a unui cilindru vertical cu fundul și capacul de formă elipsoidală.

Autoclavele folosite pentru produse vîscoase au fundul de formă conică pentru a favoriza scurgerea acestora din aparat.

Autoclava din figura 295, utilizată pentru topirea toluidinei necesară în industria coloranților se compune dintr-un corp interior *1*, continuat la partea inferioară cu fundul *2*, iar la partea superioară cu capacul demontabil *3*. Aparatul este prevăzut cu mantaua *4* și fundul *5* care limitează spațiul pentru lichidul de încălzire.

Produsul se introduce prin gura de încărcare *G*. După topire este evacuat prin racordul de plonjor R_2 de către aerul sub presiune ce intră prin racordul R_1.

Topirea se realizează la temperatura de 100 pînă la 120°C. Această temperatură se obține cu ajutorul aburului care intră sub presiune prin racordul R_6. Evacuarea condensatului se face prin racordul R_7.

Autoclava este echipată cu racorduri pentru temperatură R_3, pentru aerisire R_4, pentru manometru și supapă de siguranță R_5.

Calculul mecanic al unei autoclave cu manta de încălzire se compune din:

– calculul mantalei interioare la presiunea exterioară din manta;

– calculul fundului interior la presiunea exterioară din manta, cu formula de calcul la presiune interioară pentru funduri sferice cu bordură sau pentru funduri elipsoidale, însă valoarea obținută cu formula respectivă se multiplică cu 1,7;

– calculul capacului la presiunea interioară din aparat și calculul fundului exterior la presiunea interioară din manta;

– calculul mantalei exterioare la presiunea interioară din manta;

– în cazul cînd autoclava are și dispozitiv de agitare, acesta se calculează așa cum s-a arătat în capitolul XI.

D. AUTOCLAVE CARE LUCREAZĂ SUB PRESIUNE

Presiunea de lucru sub care lucrează aceste autoclave se stabilește în funcție de temperatura de lucru a masei de reacție din autoclavă.

Autoclavele lucrînd sub presiune au utilizări diverse ca:

Autoclave pentru procese de solvire și fierbere. Se utilizează pentru rafinarea fracțiilor de petrol cu SO_2 lichid, tratarea bauxitelor cu sodă caustică, fierberea lemnului cu chimicale pentru obținerea celulozei etc.

Autoclavele pentru fierberea celulozei (fig. 296) lucrează la o presiune de circa 10 kgf/cm². Se compun dintr-un corp cilindric *1* executat din tablă de oțel carbon, căptușit cu cărămizi antiacide *2* sau cu oțel inoxidabil de tipul 18.8.

În interiorul aparatului se introduce tocătură de lemn de brad de doi pînă la trei cm lungime și soluții de sodă caustică, sulfură de sodiu, bisulfit de calciu etc.

Se fierbe mai multe ore sub presiune pentru ca lignina, rășinile și alte substanțe conținute să se descompună și să se desfacă de celuloză dînd o pastă care este evacuată prin racordul *3*.

Încălzirea produselor din autoclavă se face la început prin abur direct, pînă se atinge temperatura de fierbere, apoi indirect, prin extragerea cu pompa *4*, a unei cantități de lichid și abur prin țevile *5* și *6*, comprimarea

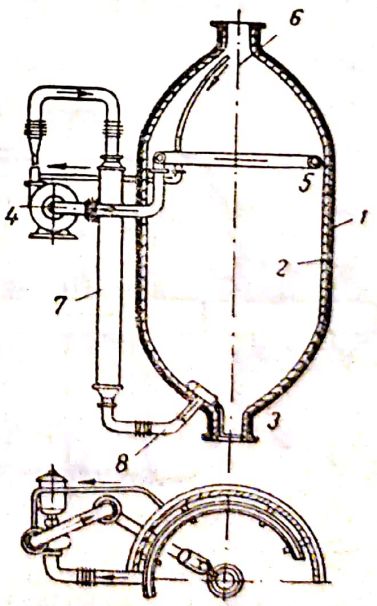


Fig. 296. Autoclavă pentru fierberea celulozei

şi încălzirea lor în încălzitorul exterior *7* şi introducerea lor la baza fierbătorului prin racordul *8*.

Autoclave pentru procese cu gaze sub presiune sau gaze lichefiate. Multe reacţii în medii gazoase au loc cu o viteză cu atît mai mare, cu cît gazul este mai concentrat. Concentrarea gazului se obţine prin introducerea lui în autoclavă la presiune ridicată.

Eficienţa maximă se obţine cînd reacţiile au loc cu micşorarea de volum sau prin absorbţia fazei gazoase.

Autoclavele pentru fabricarea formiatului de calciu (fig. 297) sînt aparate cilindrice orizontale care funcţionează continuu. Se compun dintr-un corp *1* din tablă de oţel carbon asamblat prin sudură, un arbore *2* cu dispozitive de agitare cu cupe *3*. În aparat se introduce lapte de var prin racordul *4* şi oxid de carbon sub presiune prin racordul *5*. Soluţiile de formiat ies prin racordul *6*, iar gazele rezultate se evacuează prin racordul *7*.

Autoclava lucrează la o presiune de 40 kgf/cm² şi temperatură de 190°C.

Autoclave pentru oxidare. Acidul azotic concentrat se obţine din acid azotic de concentraţie 60% şi N_2O_2 lichefiat într-o autoclavă verticală (fig. 298), fără dispozitiv de agitare. Autoclava se compune dintr-un corp cilindric *1* din oţel, căptuşit la interior cu un strat de tablă *2* de aluminiu pur. În interior este montat un vas *3* tot din aluminiu. Între vasul din interior şi aparatul propriu-zis se află un spaţiu liber concentric.

În autoclavă se introduce prin ţeava *4* acid azotic de concentraţie 60%, N_2O_2 lichefiat şi oxigen sub presiune şi după o perioadă de reacţie, se obţine acidul azotic de concentraţie 96%.

Funcţionarea se face pe şarje, la presiunea de 50 kgf/cm² şi temperatura de 70°C.

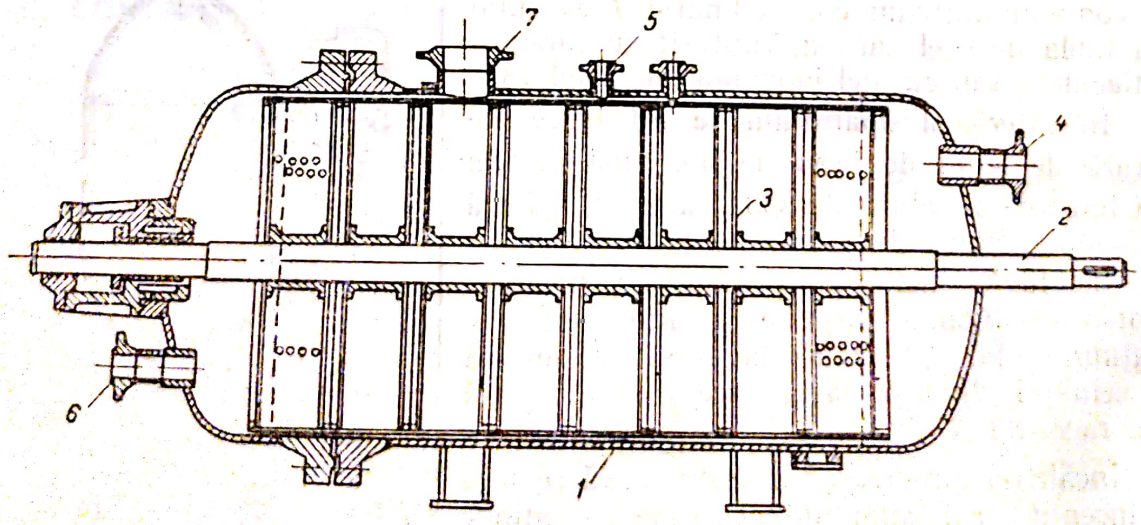


Fig. 297. Autoclavă pentru fabricarea formiatului de calciu.

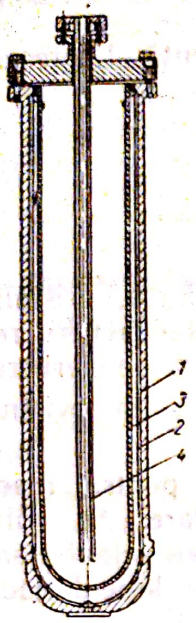


Fig. 298. Autoclavă pentru fabricarea acidului azotic concentrat.

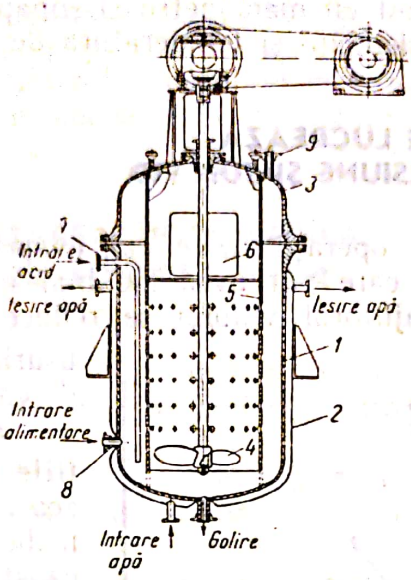


Fig. 299 Autoclavă pentru reacție prin absorbție.

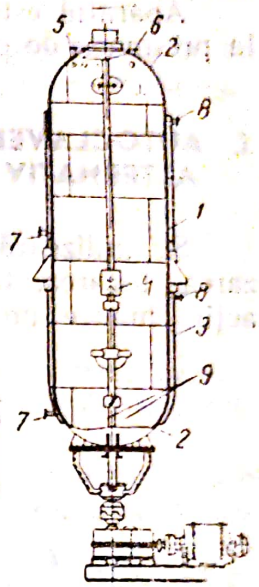


Fig 300. Autoclavă pentru polimerizarea policlorurii de vinil în suspensie.

Autoclavele pentru absorbția hidrocarburilor nesaturate. Acestea (fig. 299) servesc la reacțiile dintre gazele lichefiate cu conținut de hidrocarburi nesaturate și acidul sulfuric sau clorul.

Corpul cilindric *1* al aparatului este căptușit la interior prin plumbuire și la exterior este prevăzut cu o manta de răcire *2*. La partea superioară, pe capacul *3* se află dispozitivul de agitare cu elice *4*, ce se rotește cu o turație de 1 000 rot/min.

Amestecul este dirijat în sus de agitator și deversează prin ferestrele *6*, ale coșului deversor *5*.

Alimentarea se face prin racordurile *7* și *8*, iar produsul ce a reacționat iese prin racordul *9*.

Aceste aparate lucrează la presiuni de 5 pînă la 15 kgf/cm² și la temperaturi sub 50°C.

Autoclavele pentru polimerizare (fig. 300) se utilizează pentru obținerea policlorurii de vinil în suspensie, funcționînd discontinuu.

Autoclava se compune dintr-un corp cilindric vertical *1* avînd la capete funduri semisferice *2* (sau elipsoidale); este prevăzută cu o manta de încălzire *3* și agitator cu brațe *4*, care se rotește cu 60 rot/min.

Alimentarea se face prin racordul *5*, ieșirea spumei prin racordul *6*, iar descărcarea prin racordul *9*.

Introducerea și evacuarea apei de răcire se face prin racordurile 7 respectiv 8.

Aparatul este prevăzut cu manometru și supapă de siguranță. Lucrează la presiunea de circa 14 kgf/cm² și temperatura de 70°C.

E. AUTOCLAVELE CARE LUCREAZĂ ALTERNATIV LA PRESIUNE ȘI SUB VID

Se utilizează pentru operații fizice ca: evaporarea, distilarea, cristalizarea, uscarea, filtrarea, care pot avea loc mai ușor în vid sau pentru reacții chimice unde cu ajutorul vidului se reduce temperatura de fierbere, ușurînd separarea și evitînd descompunerea.

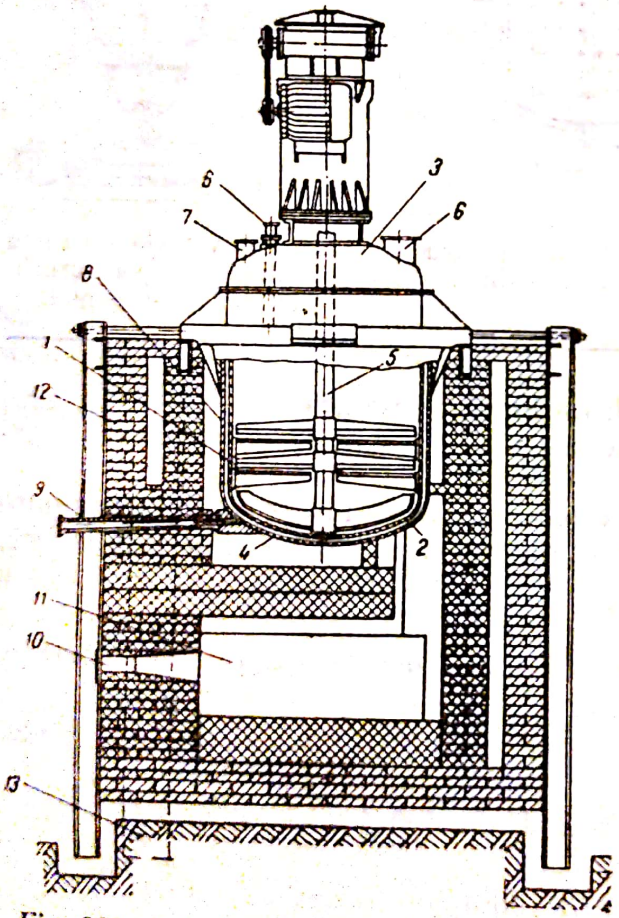


Fig. 301. Autoclavă verticală pentru carbonatare:
1 — corpul autoclavei; 2 — fund; 3 — capac; 4 — fund de încălzire-răcire; 5 — dispozitiv de amestecare; 6 — guri de încărcare; 7 — racord pentru manometru și supapă de siguranță; 8 — manta de încălzire-răcire; 9 — racord pentru golire; 10 — injector de gaze; 11 — focar; 12 — cuptor de zidărie; 13 — canal de fum.

Autoclavele pentru reacțiile de carbonatare. Se utilizează la fabricarea acidului salicilic din fenol și leșie de sodă caustică (fig. 301).

Procesul tehnologic impune alternarea presiunii cu vidul și a încălzirii cu răcirea după cum urmează:

Se introduce fenolul topit și leșia de sodă caustică care reacționează și formează fenolatul de sodiu. Aparatul se închide etanș, se încălzește la 160°C și vaporii de apă care trebuie eliminați ridică presiunea pînă la 8 kgf/cm². Îndepărtarea acestor vapori de apă se face apoi în mod definitiv supunînd autoclava la vid. Fenolatul de sodiu rămas sub formă de praf fin se răcește la 30°C și se introduce apoi bioxid de carbon gazos sub presiune. Fenolatul de sodiu absoarbe bioxidul de carbon cu degajare de căldură, fapt ce necesită ca autoclava să fie răcită. Se încălzește apoi la 175°C și la presiune de 7 pînă

la 8 kgf/cm², pentru desăvîrșirea reacției de carbonatare. Se evacuează apoi bioxidul de carbon nereacționat prin operații succesive de destindere în vid.

Încălzirea se face prin introducerea de abur în mantaua de încălzire și chiar prin foc direct așa cum se arată în figura 301.

Din descrierea acestui proces tehnologic se vede că autoclava este supusă la eforturi foarte variate ale presiunii și temperaturii, eforturi de care trebuie să se țină seama în calculele de proiectare.

F. MONTAREA, EXPLOATAREA, ÎNTREȚINEREA REVIZIA ȘI REPARAREA AUTOCLAVELOR

Montarea autoclavelor se face cu ajutorul suporturilor laterale sau de fund la aparatele verticale sau cu suporturi tip șa pentru aparatele orizontale.

Se va verifica verticalitatea aparatelor și se va completa cu adaosuri așezate sub suporturi, astfel ca toate suporturile să preia din greutatea aparatului.

Se va verifica ca toate autoclavele care au manta de încălzire-răcire să aibă ștuț pentru aerisire la partea cea mai de sus a mantalei sau cel puțin o mufă cu dop.

O atenție deosebită trebuie acordată la montajul dispozitivelor de agitare, care trebuie să fie bine centrate în lagăre.

Capacele aparatelor și flanșele racordurilor vor fi bine strînse cu șuruburi sau prezoane pentru a asigura o etanșare perfectă.

Înainte de punerea în funcțiune, autoclavele se supun probelor hidraulice – atît aparatul cît și mantaua.

La autoclavele cu dispozitiv de agitare se va face și proba la mers în gol și apoi în sarcină pentru a se roda elementele în mișcare.

Se urmărește ca să nu apară vibrații în utilaj, zgomote anormale și lagărele să nu se încălzească.

Periodic în funcție de produsele ce intră în autoclave, aparatele se curăță pentru a se îndepărta de pe pereți eventuale depuneri care micșorează transferul de căldură de la fluidul din mantaua de încălzire la produsul din aparat.

La aceste revizii se verifică și starea căptușelii, se schimbă garniturile, uleiul sau vaselina în lagăre, se verifică jocul rulmenților, starea penelor, a șuruburilor și piuliților, starea aparatelor de măsură și control.

În cadrul reparațiilor capitale se demontează complet autoclavele și se verifică piesă cu piesă. Piesele uzate se repară prin încărcare cu sudură.

Piesele în mișcare dacă se repară prin încărcare cu sudură vor fi neapărat reechilibrate.

Căptușelile deteriorate, vor fi îndepărtate și se va proceda la o nouă căptușire a autoclavelor.

Înainte de demontare în vederea reviziilor sau reparațiilor, autoclavele care lucrează cu substanțe acide sau baze, vor fi neutralizate și apoi bine spălate cu apă sau abur.

Autoclavele care lucrează cu substanțe toxice, inflamabile sau explozibile vor fi amplasate izolat în încăperi separate, amenajate corespunzător.

O deosebită atenție se va acorda ventilației în aceste încăperi, pentru captarea și neutralizarea degajărilor nocive.

Autoclavele ce lucrează la temperaturi ridicate vor fi izolate la exterior.

Întrebări recapitulative

1. Care sînt principalele părți componente ale unei autoclave ?
2. Care sînt criteriile de clasificare ale autoclavelor ?
3. Ce tipuri de autoclave cunoașteți ?
4. Care sînt operațiile principale ce se execută autoclavelor la montare, revizii și reparații ?

Scanned with OKEN Scanner

A. GENERALITĂŢI

Depozitarea materialelor în fabricile chimice şi rafinării se face în mod deosebit în funcţie de proprietăţile fiecărui material.

Depozitele principale de materii prime şi produse finite se amplasează de preferinţă la periferia fabricii însă în apropierea căii ferate şi a drumurilor principale ale fabricii.

Materialele toxice, inflamabile sau combustibile se depozitează separat, la distanţe prevăzute de normele de tehnică a securităţii muncii.

Rezervoarele sînt vase care servesc la depozitarea fluidelor.

B. CLASIFICARE

Rezervoarele se împart după proprietăţile produsului depozitat în:

- rezervoare pentru produse lichide;
- rezervoare pentru gaze, numite gazometre.

Rezervoarele se clasifică *după forma lor* în:

- rezervoare cilindrice verticale cu fundul plat;
- rezervoare cilindrice verticale cu fundul curb;
- rezervoare de forme speciale (sferice, picătură de apă, prismatice);
- rezervoare cilindrice orizontale.

C. TIPURI DE REZERVOARE. CONSTRUCŢIE ŞI CALCUL

1. Rezervoare cilindrice verticale cu fundul plat

Aceste rezervoare se folosesc îndeosebi ca rezervoare pentru produse petroliere. Ele se dimensionează pentru presiuni ce depăşesc presiunea atmosferică cu 0,02 kgf/cm² sau pentru presiuni mai mici decît presiunea atmosferică, cu 0,004 kgf/cm².

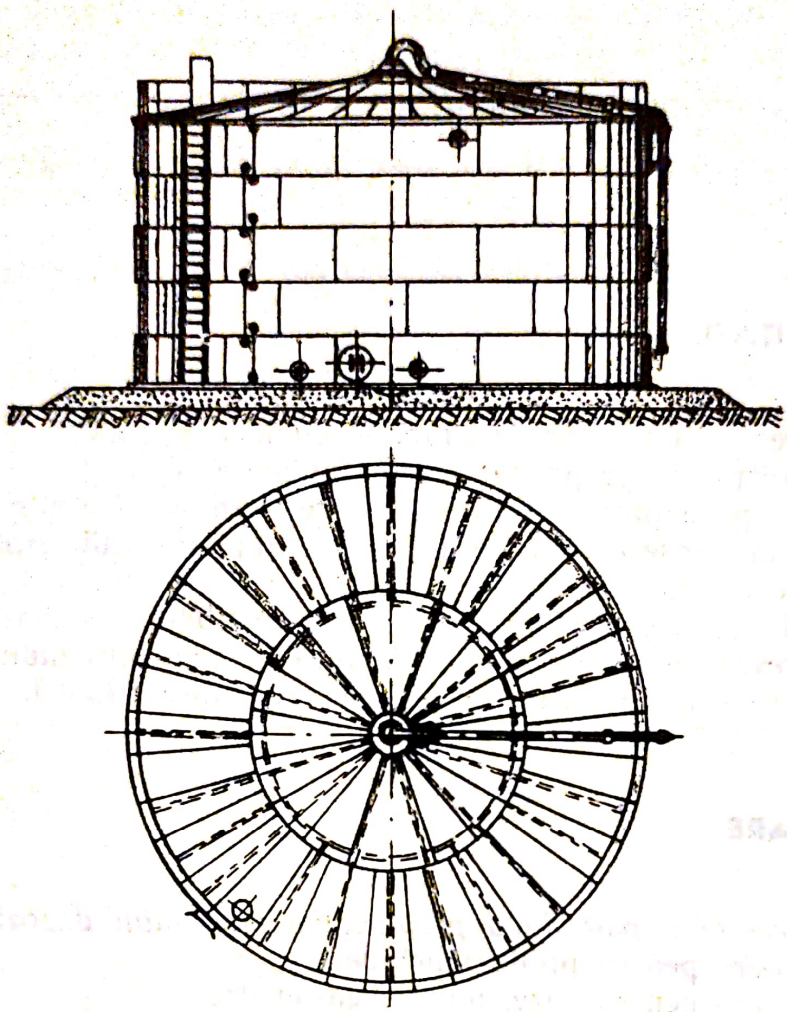


Fig. 302. Rezervor cilindric vertical cu fundul plat.

Suprapresiunea de 0,02 kgf/cm² care se ia în calcul se datorește presiunii pe care o dezvoltă vaporii produsului petrolier în timpul verii. Presiunile mai mari ce ar putea să apară fac să se deschidă supapele de siguranță, cu care sînt prevăzute rezervoarele.

Rezervorul cilindric vertical cu fund plat (fig. 302) are următoarele elemente componente :

- fundul plat ;
- mantaua cilindrică ;
- capacul ;
- fermele de susținere a capacului ;
- aparatura necesară încărcării, descărcării, supravegherii și aparatura de siguranță a rezervorului.

Diametrul și înălțimea cilindrică a rezervorului se stabilește în funcție de capacitatea prescrisă și de condiția de execuție cu cantitate minimă de material.

Rezervoarele folosite pentru depozitarea produselor petroliere au fost standardizate pentru capacități cuprinse între 10 și 10 000 m³ (10, 25, 40, 50), 60, 100, 200, 300, 400, (500), 630, 1 000, 2 000, 5 000 și 10 000).

Fundul rezervorului este alcătuit din table cu grosimi ce variază între 4 și 8 mm în funcție de capacitatea rezervorului, conform tabelei 15.

Tabela 15

Grosimea tablelor pentru fundurile rezervoarelor

Capacitatea rezervorului m³	Grosimea tablei mm
⩽1 000	4
2 000	4—6
3 000	4—7
5 000	5—8

Dintre tablele fundului, cele care formează inelul exterior sînt supuse la solicitări mai importante. Grosimile tablelor ce formează inelul sînt indicate în tabela 15 prin valorile mari.

Tabla fundului se așază direct pe teren. Pentru a reduce coroziunea, terenul pe care se așază fundul se acoperă cu un pat de nisip, cu o înclinare de la centru spre periferie de 1 : 100. Tablele fundului se acoperă pe partea exterioară cu o emulsie de bitum sau stratul de nisip de circa 10 cm grosime care vine în contact cu fundul se tratează cu lianți bituminoși.

Tablele fundului de formă dreptunghiulară, se așază cu marginile una peste alta și se sudează între ele prin sudură de colț. Excepție fac tablele din zona cercului exterior, pe care vin montate virolele mantalei. Acestea se sudează cap la cap așa cum se vede în figura 303.

Mantaua cilindrică se execută din mai multe virole, care se îmbină între ele prin sudură cap la cap sau prin suprapunere. Tablele care compun o virolă se sudează cap la cap. Îmbinările verticale trebuie să fie decalate de la o virolă la alta cu cel puțin 500 mm.

Așezarea virolelor una față de alta se poate face telescopic (fig. 304, *a*) cazul sudurilor prin suprapunere, astfel încît cordonul exterior să se poată executa în condiții bune la o poziție favorabilă de sus în jos. Cordoanele interioare se execută cu grosimi mai mici și eventual întrerupte.

Așezarea virolelor se poate face și alternativ (fig. 304, *b*), montare care prezintă avantajul că nu reduce volumul rezervorului.

Calculul grosimii mantalei. Grosimea tablelor diferitelor virole se calculează cu formula 233, în ipoteza că sînt supuse succesiv la eforturi de întindere :

$$s = \frac{\gamma \cdot D_i(h-x)}{2 \cdot \sigma_a \cdot \varphi} + c \quad [\text{cm}] \qquad (233)$$

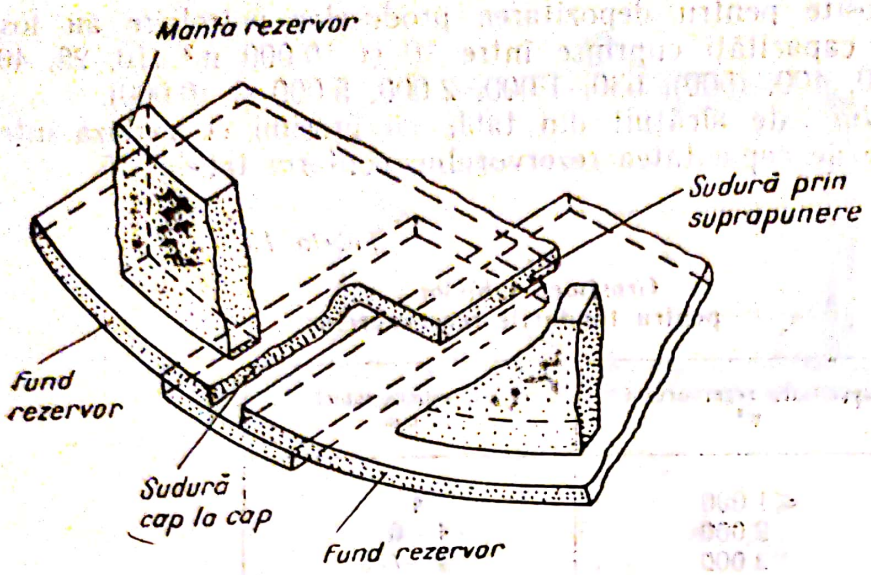


Fig. 303. Schema montării tablelor fundurilor plane în zona de montare a virolei inferioare.

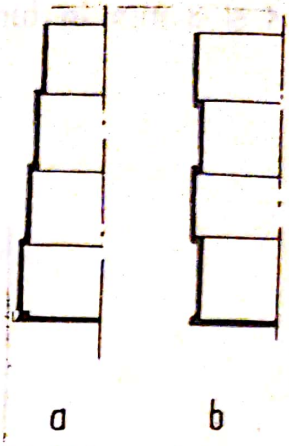


Fig. 304. Sisteme de așezare a virolelor.

unde:

γ este greutatea specifică a lichidului, în kgf/cm³;
D_i — diametrul interior al rezervorului, în cm;
σ_a — rezistența admisibilă a materialului, în kgf/cm²;
h — înălțimea maximă a lichidului în rezervor, în cm;
x — înălțimea pînă la partea inferioară a virolei ce se dimensionează, în cm;
φ — coeficientul de formă al sudurii;
c — adaosul de coroziune și tehnologic, în cm.

Virolele se dimensionează și după metoda stărilor limită cu formula

$$s = \frac{K_1 \cdot \gamma \cdot D_i (h - x)}{2 \cdot K_2 \cdot \sigma_{calc}} + c \quad [\text{cm}] \qquad (234)$$

unde:

K_1 este coeficientul de supraîncălzire, a cărui valoare se ia egală cu 1,1;
K_2 — coeficientul funcție de condițiile de lucru, valoarea lui uzuală fiind 0,8;
σ_{calc} — rezistența de calcul la întindere a cusăturii sudate și a cărui valoare se ia 1 800 kgf/cm² pentru oțel carbon OL 37.

Virola inferioară, care se sudează de fund este supusă și la eforturi de încovoiere. În consecință se va face o verificare a rezistenței la încovoiere.

Prinderea peretelui cilindric de fundul rezervoruui se poate face direct, prin două coroane de sudură continuă (fig. 305, *a*). În cazul rezervoarelor

de capacitate mare se poate realiza această asamblare printr-un cordon de sudură continuu și un profil cornier (fig. 305, *b*). Grosimea sudurii va fi egală cu 0,7 din grosimea tablei celei mai subțiri, dintre cele două elemente de îmbinare.

Capacul rezervorului are rolul de a asigura o închidere etanșă rezervorului, precum și funcția de acoperiș.

Capacul se execută din tablă ce formează învelitoarea și din fermele și grinzile de susținere. Învelitoarea poate să aibă și forma unei pînze autoportante, în care caz nu mai este nevoie de grinzi.

Forma acoperișului este conică cu o înclinație redusă de 1 : 20 pînă la 1 : 15 în cazul rezervoarelor pentru produse petroliere cu acoperișul rezemat pe ferme.

Capacul se execută din table dreptunghiulare îmbinate între ele prin suprapunere.

Capacul rezervoarelor poate fi susținut în trei sisteme :

- sistemul cu ferme, pene și căpriori ;
- sistemul cu bare curbe ;
- sistemul acoperișului autoportant.

Sistemul cu ferme, pene și căpriori

Rezervoarele mici sub 500 m³ au acoperișul susținut de patru semiferme (fig. 305) așezate radial. *Semifermele* se prind cu un capăt de mantaua rezervorului, iar la mijloc se prind de un montant comun executat din două corniere așezate în cruce.

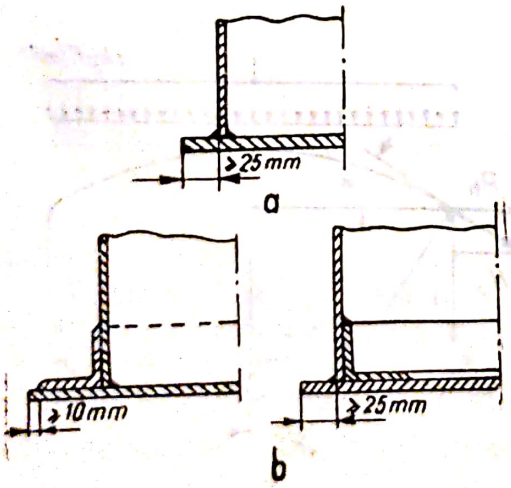


Fig. 305. Prinderea peretelui cilindric de fund :

a — prin cordoane de sudură continue ;
b — printr-un cordon de sudură și un profil cornier.

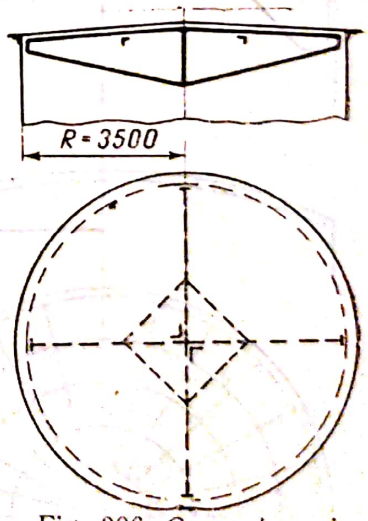


Fig. 306. Capacul unui rezervor de capacitate mică

Sub talpa superioară a fermelor se montează la fiecare interval cîte o *pană*. Pe mantaua rezervorului și pe aceste pene se reazemă *căpriorii* așezați radiali. Talpa superioară a fermelor se folosește și drept căprior. Învelitoarea rezervorului se așază pe căpriori și pe ferme. Grosimea ei este de 2,5 pînă la 3 mm dacă distanța maximă dintre doi căpriori nu depășește 1,25 m, și de 4 mm pentru distanțe sub 3 m.

Rezervoarele de capacitate mai mare au și numărul de ferme și pene mai mare. Se folosesc ferme cu zăbrele care se sprijină pe un stîlp central și pe un profil cornier fixat pe mantaua rezervorului. Penele se fixează deasupra fermelor, iar căpriorii se așază radial pe pene. Stabilitatea fermelor se asigură cu ajutorul contravîntuirilor care leagă tălpile inferioare ale fermelor.

Sisteme cu bare curbe. În locul fermelor cu zăbrele se pot monta bare curbe rigide *1* și tiranți *3*, iar în locul penelor, bare rigide inelare *2* (fig. 307). Întregul sistem este rigidizat prin contravîntuiri. Învelitoarea se sprijină pe barele curbe care au rolul căpriorilor și pe barele inelare.

Forța de împingere orizontală a barelor radiale curbe, poate fi preluată de o grindă inelară sudată de mantaua cilindrică a rezervorului sau de tiranți orizontali așezați în planul vertical al fiecărei grinzi. Tiranții sînt susținuți din loc în loc de montanți verticali, pentru a le reduce săgeata datorită greutății proprii.

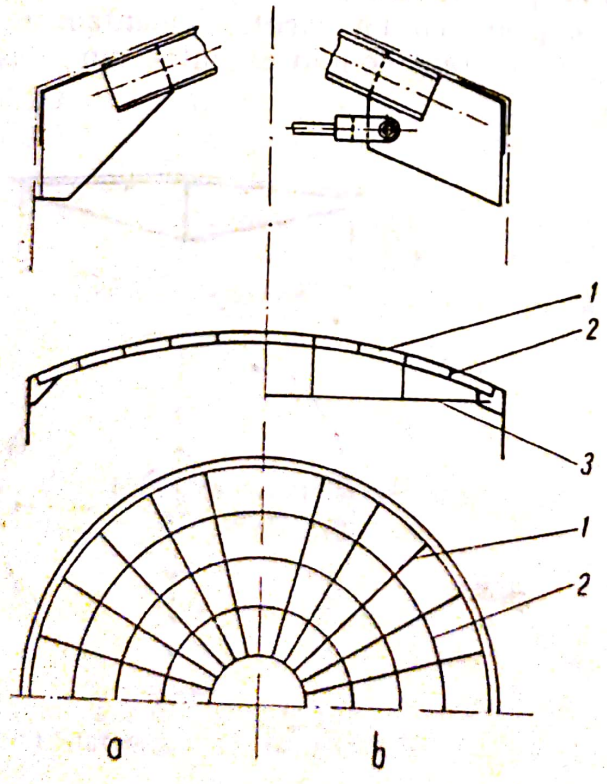


Fig. 307. Capac format din bare rigide.

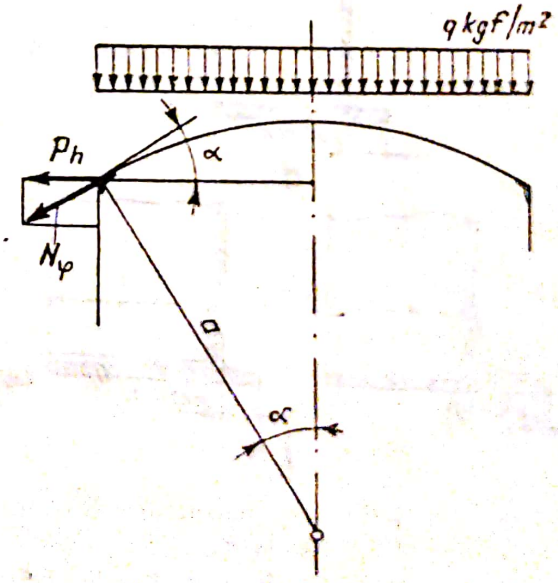


Fig. 308. Schemă pentru calculul grinzii inelare a capacului.

În cazul grinzilor curbe fără tiranți (fig. 308) componenta verticală a forței după tangenta la suprafața de contact a grinzii radiale cu acoperișul $N\varphi$ (fig. 308), însumate pe toată lungimea cercului, trebuie să fie egală cu încărcarea verticală totală:

$$N\varphi \cdot \sin \alpha \cdot \pi \cdot D = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot q \quad [\text{kgf}] \tag{235}$$

unde:

$N\varphi$ este forța după tangenta la suprafața grinzii, în kgf/cm;
α — unghiul dintre tangenta la suprafața învelitorii cu orizontala;
D — diametrul interior al rezervorului, în cm;
q — încărcarea pe suprafața orizontală a acoperișului, în kgf/cm².

Cunoscînd că $\sin \alpha = \frac{r}{a} = \frac{D}{2a}$ conform figurii și făcînd simplificările în formula (235) rezultă:

$$N\varphi = \frac{q \cdot a^2}{2} \quad [\text{kgf/cm}] \tag{236}$$

Componenta orizontală a acestei forțe va fi preluată de grinda inelară de centură și va avea valoarea:

$$P_h = N\varphi \cdot \cos \alpha = \frac{q \cdot a}{2} \cos \alpha \quad [\text{kgf/cm}] \tag{237}$$

Efortul axial în grinda inelară dezvoltat de această forță este:

$$F = P_h \cdot r = \frac{q \cdot a}{2} \cos \alpha \cdot a \cdot \sin \alpha \quad [\text{kgf}] \tag{238}$$

$$F = \frac{q \cdot a^2}{4} \sin 2\alpha \quad [\text{kgf}] \tag{239}$$

Secțiunea acestei grinzi se determină cu relația:

$$A = \frac{F}{\sigma_a} \quad [\text{cm}^2] \tag{240}$$

unde:

A este secțiunea necesară a profilului, în cm²;
F — efortul axial în grindă calculat cu formula 239, în kgf;
σ_a — rezistența admisibilă a materialului profilului, în kgf/cm².

Pentru profile din OL 37 care au $\sigma_r = 3\,800$ kgf/cm² se adoptă coeficientul de siguranță $C_r = 3{,}5$ și atunci $\sigma_a = \frac{\sigma_r}{C_r} = \frac{3\,800}{3{,}5} = 1\,085$ kgf/cm².

Acoperișul autoportant poate fi executat în mai multe variante:

— de formă conică (fig. 309, *a*), la care grinda de centură este supusă la întindere și trebuie calculată cu formula 239;

— în formă de calotă sferică (fig. 309, *b*) racordată la peretele vertical printr-o porțiune de tor;

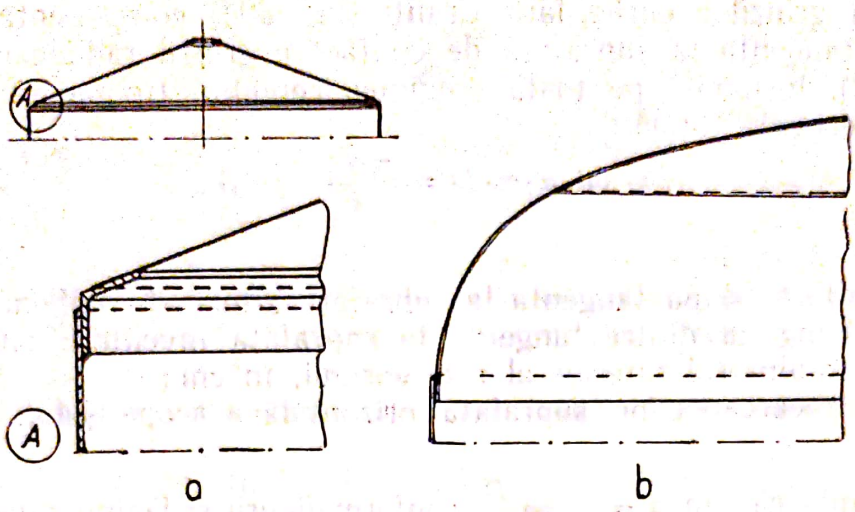


Fig. 309. Capace autoportante.

– pînză susținută de o grindă inelară fixată pe peretele vertical și un stîlp central, pînza este supusă la întindere, iar grinda inelară la un efort de compresiune.

Rezervoarele pentru capacități mari (peste 8 000 m³) se recomandă a se construi cu cel din figura 310.

Acest rezervor are capacul compus dintr-un inel în formă de tor și o calotă sferică susținută de o grindă în formă de inel ancorată cu tiranți tubulari.

Fundul acestui tip de rezervor este executat dintr-o placă de beton armat cu grosime constantă sau îngroșată la periferie. Fundul de beton se căptușește cu tablă de 3 mm pentru a asigura etanșarea. În cazul cînd se renunță la căptușirea fundului, pe fundul rezervorului se așază un strat de apă cu grosimea de circa 0,5 m care datorită diferenței de densitate, nu se amestecă cu hidrocarburile. Mantaua cilindrică și montanții centrali se ancorează în placa de fund pentru prelucrarea forței ascensionale care se execută asupra construcției metalice.

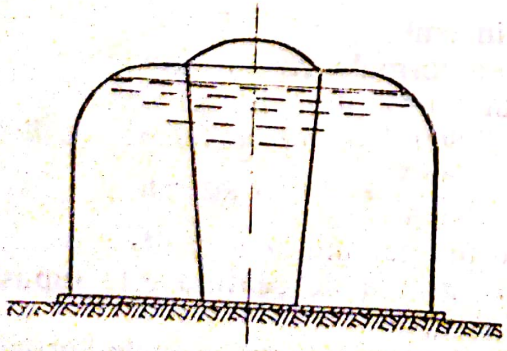


Fig. 310. Rezervor pentru o capacitate de 15 000 m.

Echipamentul rezervoarelor cilindrice verticale cu fundul plat folosite la depozitarea țițeiului și a produselor petroliere lichide se stabilește în funcție de inflamabilitatea produselor depozitate.

Rezervoarele de categoria *I*, utilizabile pentru produse cu temperatura de inflamabilitate sub temperatura de depozitare sînt destinate pentru depozitarea țițeiului, benzinei, petrolului, sau a oricărui produs lichid cu

corosivitate redusă, care se încadrează în condiția de inflamabilitate.

Rezervoarele din categoria a II-a, se utilizează pentru produse cu temperatura de inflamabilitate peste temperatura de depozitare și sînt destinate pentru depozitarea motorinei, uleiurilor, păcurei, a reziduurilor grele sau a altor produse cu corosivitate redusă.

Echipamentul rezervoarelor din categoria I (fig. 311): se compune din gură de vizitare *1*, gură de lumină *2*, gură de probe *3*, ștuț de împingere *4*, ștuț de tragere *5*, ștuț de egalizare presiune spații vapori *6*, aparat de măsurat nivelul *7*, ștuț de aerisire *8*, supapă mecanică de respirație *9*, opritor de flacări *10*, supapă de respirație hidraulică *11*, sorb mobil *12*, ștuț de scurgere *13*, ștuț pentru încărcătoare de spumă *14*, ștuț pentru intrarea aburului în serpentină *15*, ștuț pentru ieșirea aburului din serpentină *16*, dispozitiv etanș și automat pentru luat probe și măsurat temperatura *17*, scară exterioară în spirală *18*, podeț la echipamentul pe capac *19*, podeț de acces la ștuțul de aerisire *20* și priză pentru legare electrică la pămînt *21*.

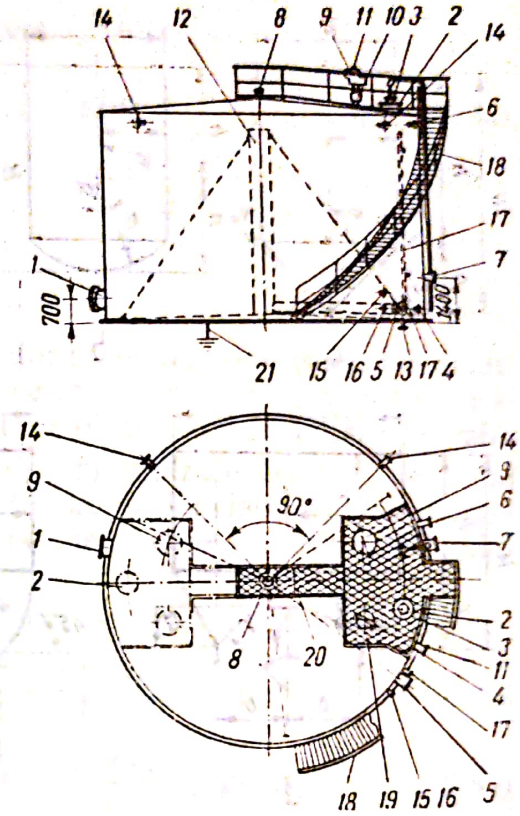


Fig. 311. Amplasarea echipamentului rezervoarelor cilindrice verticale.

Față de echipamentul rezervoarelor din categoria I, la rezervoarele din categoria a II-a lipsesc ștuțurile: de egalizare, presiune, spații vapori și opritoarele de flăcări.

Rezervoarele de capacitate egală sau mai mare de 5 000 m³ sînt prevăzute cu două guri de lumină pe capac și cu cîte două guri de vizitare așezate la 180° una de alta.

2. Rezervoare cilindrice verticale cu fundul curb

Rezervoarele cilindrice verticale cu fundul curb au ca elemente componente principale: fundul, mantaua și capacul.

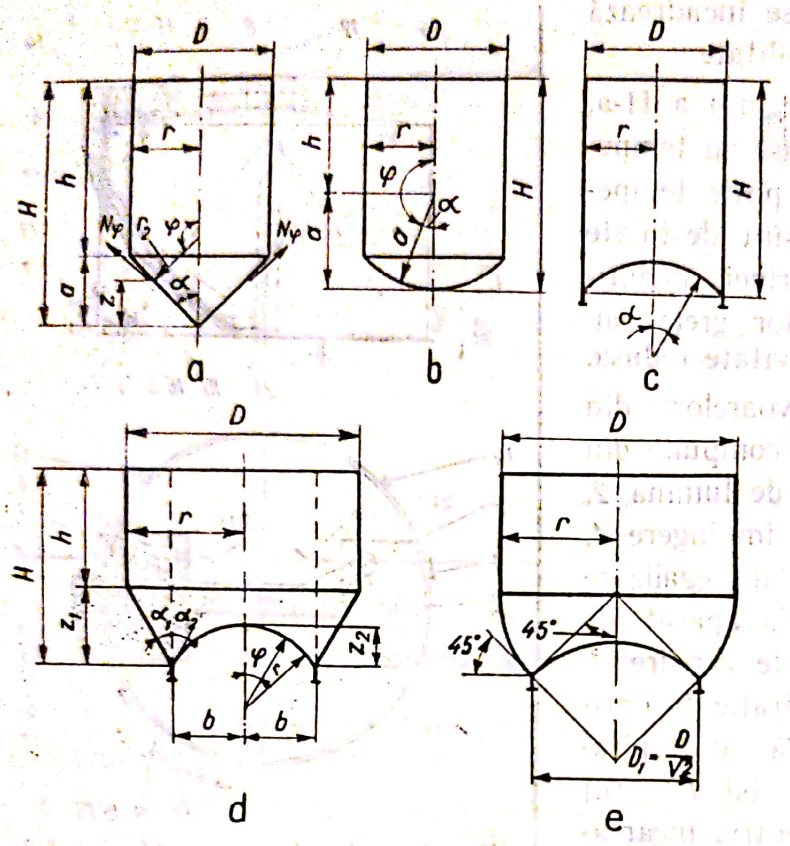


Fig. 312. Rezervoare cilindrice verticale cu funduri curbe.

După forma fundului se deosebesc următoarele tipuri de rezervoare:
- cu fundul conic (fig. 312, *a*);
- cu fundul sferic (fig. 312, *b* și *c*);
- cu fund combinat cono-sferic (fig. 312, *d* și *e*).

a. Rezervoarele cilindrice cu fundul conic (fig. 312, a)

Fundul conic are o singură curbură și din această cauză se poate executa relativ mai ușor.

La îmbinarea între mantaua cilindrică și fundul conic apar eforturi de încovoiere. Preluarea acestor eforturi se realizează prin introducerea unei grinzi inelare la acest nivel. În multe cazuri această grindă servește și drept grindă de rezemare.

Notînd cu G înălțimea totală a rezervorului, forța $N\varphi$ după generatoarea conului la înălțimea Z va fi:

$$N\varphi = \frac{\gamma \cdot z}{6} \cdot \frac{\sin \alpha}{\cos^2 \alpha} (3H - 2Z) \quad [kgf/cm] \qquad (241)$$

Forța N_θ tangentă la con la același nivel va fi:

$$N_\theta = \gamma \cdot Z \frac{\sin \alpha}{\cos^2 \alpha}(H - Z) \quad [\text{kgf/cm}] \qquad (242)$$

b. Rezervorul cu fund sferic (fig. 312, **b** și **c**)

Dintre fundurile cu dublă curbură, fundurile sferice sînt cele mai avantajoase, deoarece pentru execuția lor este necesar cel mai mic număr de matrițe. Segmenții din care se execută fundul se obțin prin matrițare la cald.

Fundurile sferice pot fi concave (fig. 312, *b*) utilizate cel mai des cînd rezervorul este susținut pe suporturi laterale sau picior fals, sau cu fundul convex (fig. 312, *c*) cînd sprijinirea se face pe inelul care se obține din îmbinarea fundului cu mantaua.

La fundurile concave (fig. 312, *b*) eforturile N se calculează cu formulele:

$$N_\varphi = \frac{\gamma \cdot a^2}{6}\left[3\frac{H-a}{a} + 2\frac{1-\cos^3 \alpha}{\sin^2 \alpha}\right] \quad [\text{kgf/cm}] \qquad (243)$$

$$N_\theta = \frac{\gamma \cdot a^2}{6}\left[3\frac{H-a}{a} + 6\cos \alpha - 2\frac{1-\cos^3 \alpha}{\sin^2 \alpha}\right] \quad [\text{kgf/cm}] \qquad (244)$$

În cazul fundurilor convexe (fig. 374, *c*) eforturile N se calculează cu formulele:

$$N_\varphi = \frac{\gamma \cdot a^2}{6}\left[3\frac{H+a}{a} - 2\frac{1-\cos^3 \varphi}{\sin \varphi}\right] \quad [\text{kgf/cm}] \qquad (245)$$

$$N_\theta = \frac{\gamma \cdot a^2}{6}\left[3\frac{H+a}{a} - 6\cos \varphi + 2\frac{1-\cos^3 \varphi}{\sin^2 \varphi}\right] \quad [\text{kgf/cm}] \qquad (246)$$

c. Rezervoarele cu fundul combinat cono-sferic (fig. 312, **d** și **e**)

Forma acestor rezervoare s-a ales astfel pentru a reduce solicitările din grinda inelară. Această grindă avînd un diametru mai mic ca diametrul rezervorului, construcția de susținere va fi și ea mai redusă.

Se aplică în cazul rezervoarelor amplasate la înălțime, pentru a micșora volumul construcției metalice a suportului.

Pentru a elimina eforturile concentrate la îmbinarea dintre manta și con, conul se poate racorda cu o suprafață curbă de exemplu printr-o calotă sferică.

d. Dimensionarea fundurilor curbe

În cazul dimensionării după metoda rezistențelor admisibile, grosimea fundurilor trebuie astfel aleasă încît să satisfacă relațiile:

$$\sigma_{ef} = \frac{N\varphi}{s} \leqslant \sigma_a \quad [\text{kgf/cm}^2] \tag{247}$$

$$\sigma_{ef} = \frac{N_\theta}{s} \leqslant \sigma_a \quad [\text{kgf/cm}^2] \tag{248}$$

Din aceste formule se deduc formulele de dimensionare:

$$s \geqslant \frac{N\varphi}{\sigma_a} \quad [\text{cm}] \tag{249}$$

și

$$s \geqslant \frac{N_\theta}{\sigma_a} \quad [\text{cm}] \tag{250}$$

Se alege pentru s valoarea cea mai mare care rezultă din cele două formule:

Stabilitatea pînzei fundurilor curbe trebuie verificată cu formula:

$$\sigma_{cr} = \frac{0{,}3 \cdot E \cdot s}{\sqrt{3(1-\mu^2)}} \quad [\text{kgf/cm}^2] \tag{251}$$

În cazul dimensionării ținînd seama de stabilitate, se folosesc formulele:

$$\sigma_\varphi = \frac{n \cdot N\varphi}{m \cdot s} \leqslant \sigma_{cr} \text{ sau } \sigma_\theta = \frac{n \cdot N_\theta}{m \cdot s} \leqslant \sigma_{cr}$$

unde:

n este un coeficient care se ia egal cu 1,1;
m – coeficient care se ia egal cu 0,8.

Explicitînd în s rezultă:

$$s \geqslant \sqrt{\frac{n \cdot r\sqrt{3(1-\mu^2)}}{m \cdot 0{,}3\,E} N\varphi} \quad [\text{cm}] \tag{252}$$

$$s \geqslant \sqrt{\frac{n \cdot r\sqrt{3(1-\mu)}}{m \cdot 0{,}3\,E} N_\theta} \quad [\text{cm}] \quad \text{sau} \tag{253}$$

3. Rezervoare de forme speciale

a. Rezervoare sferice

Constructiv un rezervor sferic se compune dintr-un număr de virole, un fund și un capac. Fundul și capacul sînt identice. Atît virolele cît și fundul și capacul sînt formate fiecare din mai multe petale, care se execută prin

matriţare la rece sau la cald. Mărimea petalelor se stabileşte în funcţie de dimensiunile tablelor şi posibilităţile de matriţare. Sudurile între petale, între virole şi între virole şi capac respectiv fund sînt de tipul cap la cap în V. Prelucrarea petalelor pentru sudură se face astfel încît cele din jumătatea inferioară a rezervorului să se sudeze la interior iar cele din jumătatea superioară, la exterior. În vederea sudării, tablele se teşesc cu un unghi de 30 pînă la 35° faţă de normala la tablă în cazul sudurilor manuale şi de 10 pînă la 15° în cazul sudurii automate.

b. Rezervoare de egală rezistenţă

Forma rezervoarelor de egală rezistenţă se obţine prin calcul şi este aceea a unei picături de apă aşezată pe un plan uscat.

Rezervoarele în formă de picătură de apă se execută pînă la un volum de circa 5 000 m³.

Fundul este format din table aşezate direct pe un pat de nisip şi sudate cap la cap, la capete (fig. 313).

Mantaua este formată din mai multe virole îmbinate între ele prin sudură cap la cap, iar fiecare virolă este formată dintr-un număr de petale identice sudate tot cap la cap.

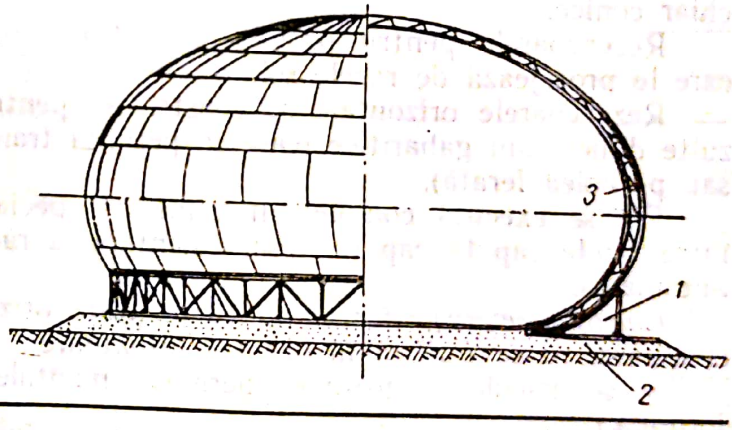


Fig. 313. Rezervoare de egală rezistenţă cu fundul plat.

La partea inferioară, rezervorul este rigidizat printr-un inel de reazem, format din diagramele *1* (gusee) aşezate radial şi legate între ele printr-o placă de bază continuă *2* şi un sistem cu zăbrele aşezat la exterior. Rigidizarea pereţilor laterali şi a capacului se realizează prin ferme aşezate la interior formate din grinzi laminate *3* sau grinzi cu zăbrele.

c. Rezervoare prismatice

Pentru capacităţi mici se utilizează şi rezervoare prismatice. Acestea au avantajul unei execuţii mai uşoare. Tablele din care sînt executaţi pereţii, sînt folosite integral (nu apar deşeuri).

Pereţii plani prezintă dezavantajul că opun o rezistenţă slabă acţiunii exercitate de presiuni mai mari, iar consumul de metal pe unitatea de volum util este mult mai mare.

De asemenea prezintă şi dezavantajul că se deformează la sudare.

4. Rezervoare cilindrice orizontale

Rezervoarele cilindrice orizontale se utilizează în rafinării pentru depozitarea butanului, propanului şi fracţiunilor de benzină, iar în industria chimică ca vase tampon în procesul tehnologic sau pentru depozitarea soluţiilor de acid sulfuric şi hidraţi de sodiu utilizate la neutralizarea apelor reziduale.

Recipientele cilindrice orizontale sînt formate din virole cilindrice, două funduri şi un număr de inele de rigidizare.

Corpul se realizează din mai multe virole care au înălţimea egală cu lăţimea tablei. Tablele care formează virole se sudează cap la cap pe generatoare, iar virolele se sudează între ele prin suprapunere sau tot prin sudură cap la cap.

Fundurile rezervoarelor orizontale se construiesc de formă sferică fără racordare, sferice racordate (mîner de coş), elipsoidale, semisferice, plane sau chiar conice.

Rezervoarele pentru propan se izolează cu o manta falsă (parasolar), care le protejează de razele solare.

Rezervoarele orizontale se construiesc pentru capacităţi din care să rezulte dimensiuni gabaritice (care să permită transportul lor cu mijloace auto sau pe calea ferată).

Ele se execută complet în uzine de specialitate, realizîndu-se sudurile între virole cap la cap cu complementare la rădăcină (executate cu sudură automată).

Calculul rezervoarelor cilindrice montate orizontal pe două suporturi se efectuează şi se verifică în ordinea următoare:

– se calculează grosimea peretelui mantalei la presiunea interioară cu formula:

$$s = \frac{(D_i \cdot \gamma + p)\, D_i}{2 \cdot \sigma_a \cdot \varphi (D_i \cdot \gamma + d)} + c \quad [\text{cm}] \qquad (254)$$

unde:

D_i este diametrul interior al rezervorului, în cm;
γ – greutatea specifică a lichidului, în kgf/cm³;
p – presiunea de regim, în kgf/cm²;
φ – coeficientul de calitate a sudurii;
σ_a – rezistenţa admisibilă a materialului, în kgf/cm²;
c – adaosul de coroziune şi tehnologic, în cm;

— se calculează eforturile de încovoiere care apar în pereții rezervoarelor cilindrice orizontale așezate pe suporturi datorită sarcinii utile maxime și a greutății proprii ;

— se verifică mantaua cilindrică la voalare (turtire) în cîmp ;

— se verifică stabilitatea în dreptul suporturilor conform unuia din cele trei cazuri prezentate în capitolul IV, în funcție de consolidările cu care este dotat rezervorul.

— se calculează fundurile cu formulele corespunzătoare formei sale constructive.

D. PARCURI DE REZERVOARE

Parcul de rezervoare reprezintă grupul rezervoarelor de depozitare amplasate în același loc.

În funcție de capacitatea de depozitare parcurile de rezervoare se împart în șapte categorii conform tabelei 16.

Tabela 16

Categoria parcului în funcție de capacitate

Capacitatea, m³	Categoria
peste 100 000	I
de la 30 000 pînă la 100 000	II
de la 2 500 pînă la 30 000	III
de la 500 pînă la 2 500	IV
de la 50 pînă la 500	V
de la 10 pînă la 50	VI
sub 10	VII

Parcul de depozitare din rafinării se încadrează în primele două categorii.

Parcurile de rezervoare se mai clasifică și în clase de inflamabilitate conform tabelei 17.

Rezervoarele se amplasează pe un teren nivelat special amenajat, separat de construcții sau instalații, care să fie mai ridicat decît casa pompelor. În cazul terenurilor plane cînd nu se poate obține aceasta, casa pompelor va fi amplasată sub nivelul solului. Este necesar ca pompele să fie amplasate mai jos decît rezervoarele pentru ca să poată lucra imersate.

Din punct de vedere al normelor de tehnică a securității, muncii parcurile de rezervoare trebuie să fie astfel amenajate încît să respecte următoarele :

Scanned with OKEN Scanner

— între mantalele a două rezervoare vecine trebuie să existe o distanță egală cu diametrul rezervorului cel mai mare sau cel puțin 10 m;

Tabela 17

Clasele de inflamabilitate

Clasa	Punctul de inflamabilitate	Produse care se incadrează în clasa respectivă
I	sub 28°C	benzină, benzen, gazolină, white-spirit
II	între 23 și 45°C	petrol, terebentină, uleiuri ușoare
III	între 45 și 120°C	păcură, motorină, furfurol
IV	peste 120°C	uleiuri, unsori, parafină, bitum

— calea ferată cea mai apropiată va fi amplasată la cel puțin 100 m de mantaua celui mai apropiat rezervor;

— drumurile care deservesc rampele de încărcare-descărcare, trebuie să fie amplasate la cel puțin 40 m de cel mai apropiat rezervor;

— parcurile de rezervoare pot fi dotate cu drumuri betonate de acces la rezervoare care să aibă cel puțin două legături cu drumurile de uz comun;

— iluminarea va fi cu instalații fluorescente de-a lungul drumurilor de acces, alimentate prin cabluri subterane;

— rezervoarele se vor grupa după produsul depozitat;

— fiecare rezervor va fi îndiguit separat cu diguri de pământ sau zidărie de cel puțin 1 m înălțime, pentru a evita scurgerea produselor depozitate în caz de spargere a unui rezervor. Volumul cuprins de diguri va fi egal cu volumul rezervorului;

— îndiguirile sînt prevăzute cu scurgeri către canalizare prin tuburi dotate cu închideri hidraulice, în caz de deteriorare a unui rezervor aceste tuburi vor fi obturate;

— scurgerea fluidelor din îndiguiri se va face prin amenajarea terenului îndiguirii cu o pantă de 4‰ către gurile de scurgere;

— accesul la rezervoare se va face peste diguri, cu ajutorul scărilor sau treptelor;

— rezervoarele vor fi echipate cu indicatoare de nivel care să permită citirea de la distanță;

— claviatura conductelor rezervoarelor trebuie amplasată la sol sau în canale, iar ventilele de comandă grupate în cămine și marcate pentru o ușoară identificare;

Scanned with OKEN Scanner

– rezervoarele din depozite de categoria I, a II-a și a III-a vor fi prevăzute cu instalații de hidranți de incendiu amplasate din 60 în 60 m și legate prin conducte de spumă, la instalația de spumă a rafinăriei;

– parcurile mai mici de rezervoare pot fi prevăzute cu instalații de stingere cu apă pulverizată comandată de la distanță;

– parcurile noi, moderne trebuie dotate cu casă de comandă pentru acționarea de la distanță a ventilelor și pompelor care deservesc parcul, și cu aparate automatizate pentru indicarea și înregistrarea nivelului produselor depozitate.

E. METODE PENTRU REDUCEREA PIERDERILOR PRIN EVAPORARE

Pierderile prin evaporare reprezintă cea mai mare parte din pierderile curente care se înregistează în operațiile de colectare și curățire a țițeiului în schele, în operațiile de transport și depozitare a țițeiului în rafinării și la bazele de desfacere.

Metodele de prevenire și combatere a pierderilor prin evaporare se bazează pe cunoașterea cît mai apropiată a mecanismului evaporării, precum și a factorilor care influențează aceste pierderi.

1. Factorii care influențează pierderile prin evaporare

Tensiunea de vapori este tendința moleculelor de a părăsi suprafața lichidului și de a trece în spațiul liber, deasupra acestuia. Evaporarea este direct proporțională cu tensiunea de vapori.

Temperatura suprafeței lichidului. Creșterea temperaturii face să crească tensiunea de vapori și deci evaporarea.

Concentrația vaporilor emanați de lichidul depozitat în spațiul de vapori al rezervorului. Viteza de evaporare este direct proporțională cu diferența dintre tensiunea de vapori a lichidului care se evaporă și presiunea vaporilor de aceeași natură din spațiul înconjurător.

Mărimea suprafeței de evaporare a lichidului.

Frecvența reîmprospătării aerului la suprafața lichidului. Dacă la suprafața lichidului există un curent de aer proaspăt, acesta provoacă o evaporare intensă a lichidului.

Mărimea spațiului de vapori din rezervor. Evaporarea este minimă cînd rezervorul este plin.

Uniformitatea repartiției vaporilor este mai mare în cazul spațiilor de vapori mici, deci la rezervoare pline și mai mică în cazul spațiilor mari din rezer-

voarele pline şi mai mică în cazul spaţiilor mari din rezervoarele cu încărcare redusă. Deci pierderile prin evaporare sînt mai mici în condiţiile unui spaţiu de vapori mai mare la acelaşi volum de gaz evacuat din rezervor în atmosferă.

Raportul suprafaţă-volum este proporţional cu evaporarea şi invers proporţional cu volumul rezervorului. Deci la rezervoarele mari, evaporarea este mai redusă (raportată la unitatea de volum).

Timpul.

Starea rezervorului. Rezervoarele care prezintă deschideri şi neetanşeităţi, prin acţiunea vîntului îşi măresc pierderile prin vapori.

2. Metode pentru reducerea pierderilor prin evaporare

a. Echilibrarea spaţiilor de vapori

Metoda se bazează pe compensarea spaţiilor de vapori ale rezervoarelor, în sensul ca în momentul în care unul sau mai multe rezervoare din sistem se golesc, concomitent unul sau mai multe rezervoare din acelaşi sistem sînt în umplere.

În figura 314 este reprezentată schema de principiu a acestui sistem. Se compune dintr-un rezervor central de respiraţie *1*, cu volum variabil, rezervoare de depozitare *2* şi colectorul de echilibrare *3*.

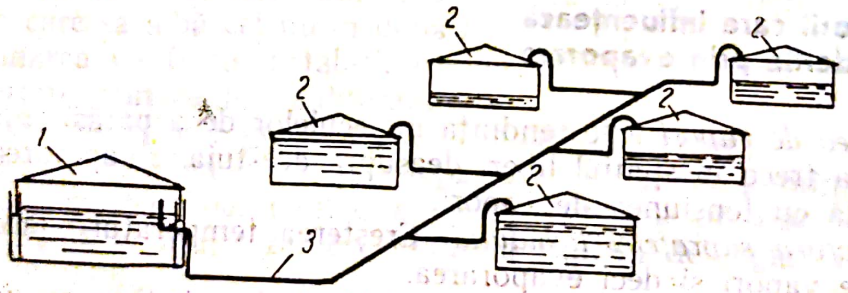


Fig. 314. Schema de principiu a recuperării vaporilor prin echilibrarea spaţiilor de vapori de la rezervoare.

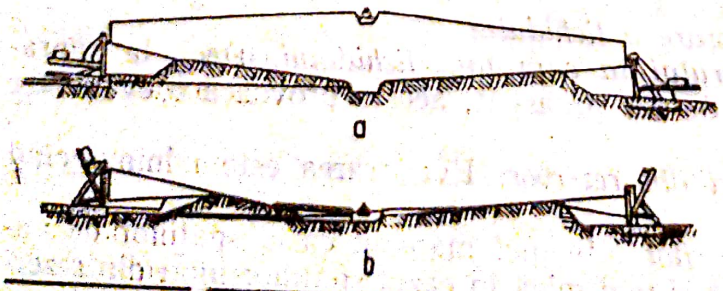


Fig. 315. Balon flexibil din material impermeabil pentru gaze:
a — poziţia umflat (plin); *b* — poziţia dezumflat (gol).

Dacă volumul de gaze evacuat din rezervoarele în umplere, este mai mare decît volumul spațiului devenit liber în rezervoarele care se golesc, atunci surplusul de gaze trece în acest rezervor. În caz contrar, cînd rezervoarele se golesc mai mult, suplimentar se umplu cu gaze aspirate din rezervorul central.

Ca rezervor central de gaze poate fi folosit și un balon (fig. 315).

b. Depozitarea sub presiune

Pierderile ce se produc în rezervoare prin evaporare datorită respirațiilor termice pot fi eliminate, dacă produsul este depozitat sub presiune mai mare decît tensiunea sa de vapori la temperatura de depozitare.

Din această cauză toate rezervoarele în care se depozitează țiței și alte produse volatile sînt construite și echipate astfel încît să poată fi exploatate la presiuni mai mari decît cea atmosferică.

Astfel rezervoarele obișnuite cilindrice verticale cu fundul plat (v. fig. 302 și 311) folosite pentru depozitarea produselor petroliere sînt echipate în mod obligatoriu cu supape mecanice de respirație și supape de siguranță.

Supapele de respirație montate pe rezervoarele de produse petroliere au rolul de a regla presiunea în spațiul de gaze al acestor rezervoare.

Din punct de vedere constructiv și funcțional, supapele de respirație se execută în două tipuri :

– supape cu închidere mecanică (fig. 316, *a* și *b*) și

– supape cu închidere hidraulică (fig. 316, *c*) denumite și supape de siguranță, deoarece se montează totdeauna împreună cu cele cu închidere mecanică, cărora le servesc drept siguranță în cazul defecțiunilor mecanice.

Supapele de respirație cu închidere mecanică se execută cu corp turnat (fig. 316, *a*) sau cu corp sudat (fig. 316, *b*).

Organele de închidere ale supapelor de respirație se dimensionează astfel încît să asigure deschiderea orificiilor de trecere ale gazelor între următoarele limite :

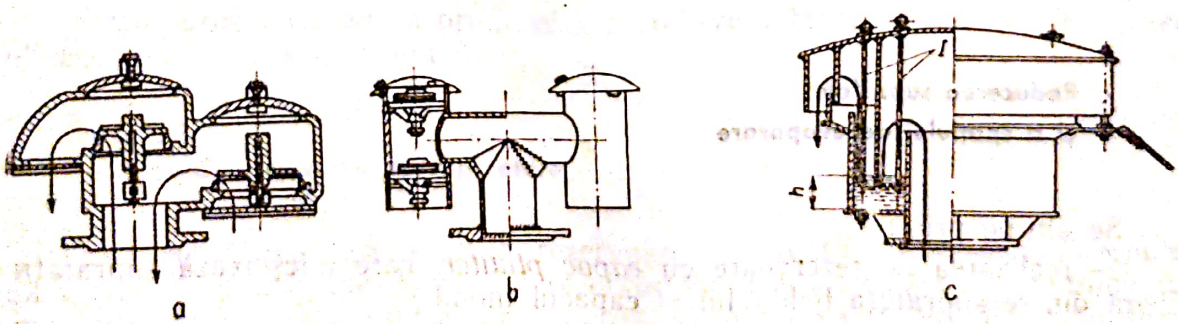


Fig 316. Supape de respirație și siguranță.

+20 mm H_2O și +200 mm H_2O la suprapresiune ;
−20 mm H_2O și −40 mm H_2O la depresiune (vacuum).

La supapele cu închidere hidraulică reglarea se face variind înălțimea coloanei de lichid *h*, care se măsoară cu ajutorul a două tije indicatoare de nivel gradate *l*, iar la cele cu închidere mecanică, reglarea se face cu ajutorul greutăților adiționale care se montează deasupra clapetelor de închidere a celor două orificii.

Supapele de închidere hidraulică se reglează la suprapresiuni mai mari cu 25 pînă la 30 mm H_2O și depresiuni (vacuum) mai mari cu 15 pînă la 20 mm H_2O, decît acelea la care se reglează supapele de respirație cu închidere mecanică, pentru ca ele să intre în funcțiune numai în cazul defectării supapelor cu închidere mecanică.

Supapele de respirație (fig. 316, *a*) au corpul turnat din fontă cenușie (Fc 20) sau din aliaj de aluminiu (AT Cu 8).

Supapele (fig. 316, *b* și *c*) se execută din material tubular sau laminate din oțel îmbinate prin sudură.

Ventilelele care închid orificiile de trecere a gazelor de la supapele cu închidere mecanică (fig. 316, *a* și *b*) se execută din aliaj de aluminiu, iar tijele ventilelor din oțel anticorosiv.

Lichidul utilizat la supapele cu închidere hidraulică, va fi un produs petrolier cu punct de congelare și volatilizare scăzut.

La execuție se va da o deosebită atenție asigurării etanșării pînă la suprapresiunea sau depresiunea la care au fost reglate.

Rezervoarele calculate pentru presiuni peste 120 mm H_2O vor fi prevăzute cu plăci de beton armat susținute de virola de jos, care să împiedice ridicarea mantalei sub acțiunea presiunii interioare. Capacul lor trebuie să fie bine consolidat.

O altă soluție de micșorare a pierderilor prin evaporare este depozitarea produselor ușor volatile în rezervoare de construcție specială : sferice, în formă de picătură sau cilindrice cu funduri bombate, care rezistă mai bine la presiuni mai mari decît rezervoarele cilindrice verticale cu fund plan.

c. Reducerea suprafeței și a spațiului de evaporare

Se obține prin :

— realizarea de rezervoare cu *capac plutitor*, care micșorează suprafața liberă dintre suprafața lichidului și capacul mobil ;

— acoperirea suprafeței de evaporare cu un *ecran plastic flotant* (fig. 317). Ecranul se execută din pelicule subțiri de 0,15 mm de PCV neplastifiat, asamblate între ele. Pe suprafața interioară a ecranului care vine în contact cu

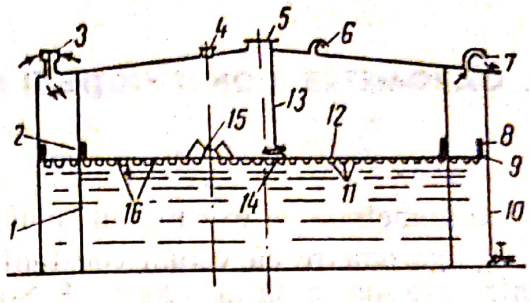


Fig. 317. Ecran plastic flotant (secțiune):
1 — cablu metalic; *2* — manșon de trecere din material plastic; *3, 6, 7* — guri de aerisire; *4, 15* — guri de măsurare și luarea probelor; *5* — legătură la pămînt; *8* — bordura verticală; *9* — spațiu inelar gazos; *10* — perete metalic; *11* — alveole; *12* — ecran plastic; *13* — fir conducător; *14* — grilaj metalic; *16* — orificii de scurgere a apei.

lichidul sînt lipite o serie de mici alveole tronconice goale din PCV care au rolul de a mări flotabilitatea ecranului la suprafața lichidului.

Singurul contact al suprafeței lichidului cu spațiul de vapori este spațiul inelar *9* a cărui lățime este de circa 20 mm;

— acoperirea suprafeței lichidului volatil din rezervor cu un strat de microsfere fabricate din material plastic, denumit *spumă plastică*.

Microsferele au diametrul de 0,025 mm și se depun în straturi de 10 pînă la 50 mm. Grosimile mici se utilizează pentru lichide liniștite, iar grosimile mari la rezervoare cu agitare mare.

d. Reducerea diferenței de temperatură a vaporilor din rezervor

Se obține prin:

Vopsirea antisolară. Vopsirea rezervoarelor în culori deschise reflectă căldura radială de soare, reducînd transmiterea ei prin pereții metalici ai rezervorului în spațiul de vapori și în lichid.

S-a constatat că rezervoarele vopsite în negru absorb 100% din radiația solară, cele vopsite în alb absorb numai 16% iar restul de 84% îl reflectă.

Depozitarea subterană a produselor petroliere volatile este o soluție și mai eficace, însă este mai scumpă.

e. Procedee raționale de exploatare

La vehicularea lichidelor în rezervoare, conducta de încărcare trebuie să ajungă pînă aproape de fundul rezervorului. Dacă conducta se termină în mantaua rezervorului, în timpul încărcării, lichidul va fi împrăștiat în spațiul gol al rezervorului, mărind simțitor evaporarea, ceea ce nu se întîmplă în primul caz.

Scanned with OKEN Scanner

F. GAZOMETRE. CONSTRUCȚIE ȘI CALCUL

Gazometrele sînt rezervoarele destinate pentru înmagazinarea gazelor.

Gazometrele se execută în două sisteme diferite:

– gazometre cu volum constant și presiune variabilă care pot fi folosite pentru presiuni pînă la 5 kgf/cm². S-au construit unele rezervoare pentru presiuni pînă la 20 kgf/cm². Constructiv aceste gazometre sînt asemănătoare rezervoarelor pentru lichide (sferice, în formă de picătură etc.);

– gazometre cu presiune constantă și volum variabil utilizate pentru joasă presiune (pînă la maximum 500 mm H_2O).

Gazometrele cu presiune constantă se execută în trei sisteme;

– gazometre umede, cu rezervor de apă și închizătoare hidraulice;

– gazometre uscate cu piston și închizător cu unsoare lichidă sau consistentă;

– gazometre cu bazin inelar.

Gazometrele umede (fig. 318) sînt formate dintr-un bazin metalic sau din beton *1* umplut cu apă, în care este cufundat un clopot metalic *2*. Gazul intră în rezervor prin conducta *3* și este evacuat prin conducta *4*.

Cînd gazometrul este descărcat (fig. 318 *a*) clopotul se cufundă complet în bazin, iar cînd se introduce gaz în el (fig. 318, *b*) se ridică la o înălțime oarecare. Clopotul este ghidat cu ajutorul unor role care alunecă pe ghidaje.

Capacitatea de depozitare a acestor gazometre ajunge pînă la 150 000 m³.

În gazometre se realizează și omogenizarea gazului.

Mărirea capacității gazometrului se poate realiza prin construirea de gazometre telescopice (fig. 319).

În timpul iernii apa din bazinul metalic trebuie încălzită pentru a nu îngheța. Costul lor este destul de ridicat.

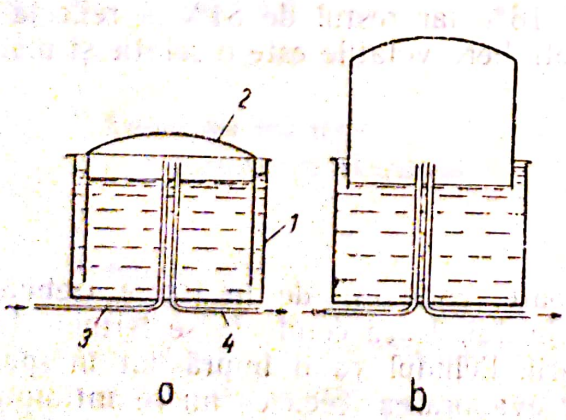


Fig. 318. Gazometru umed (schemă).

Gazometrul uscat de joasă presiune (fig. 320) se compune dintr-un vas poligonal sau circular fix *1* în interiorul căruia se află discul mobil *2*, care aderă etanș pe suprafața interioară a vasului. Gazul se introduce pe la partea inferioară a gazometrului. La intrarea în rezervor a gazului, discul *2* se ridică în sus ca un piston, ghidat fiind de rolele de ghidare *3* care alunecă pe montanți din oțel profilat. Discul rezervoarelor cu acțiune cir-

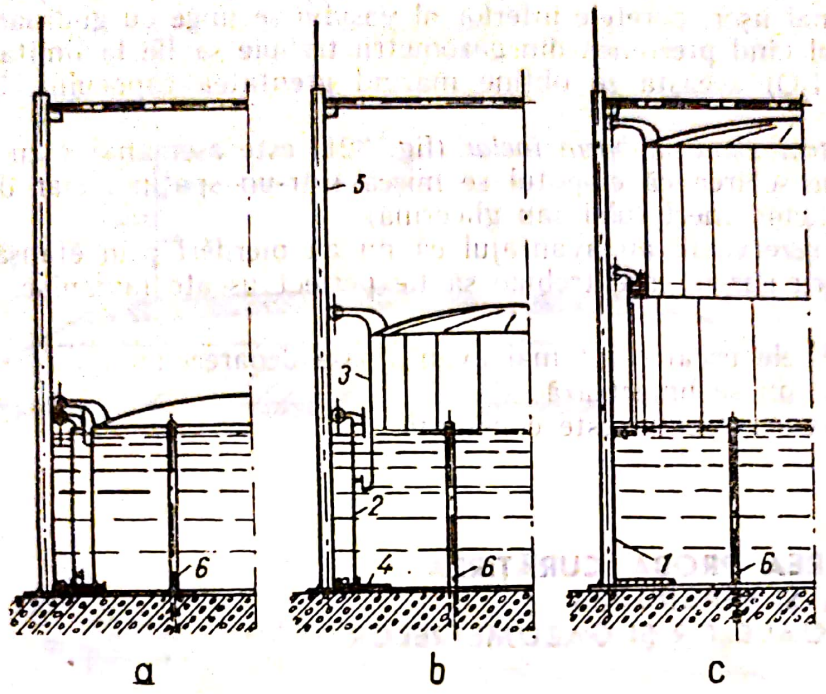


Fig. 319. Gazometrul umed telescopic:
a — gazometru gol ; *b* — gazometru umplut parțial ; *c* — gazometru plin ; *1* — rezervor ; *2* — inel telescopic ; *3* — clopot ; *4* — traversă de reazem ; *5* — ghidaje ; *6* — conductă.

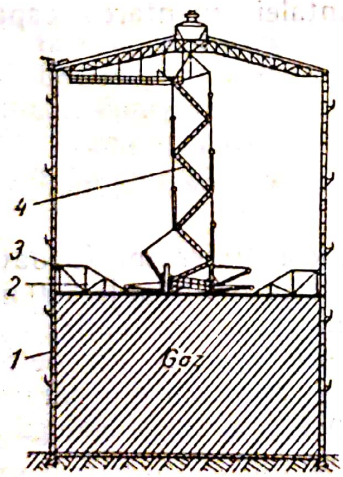


Fig. 320. Gazometru uscat
1 — rezervor ; *2* — discmobil ; *3* — role de ghidare ; *4* — scară.

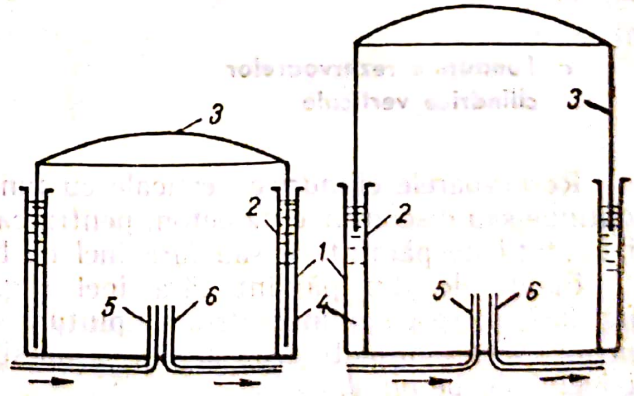


Fig. 321. Gazometru uscat cu bazin inelar:
1 — perete exterior ; *2* — perete interior ; *3* — clopot ; *4* — spațiu inelar cu lichid inert ; *5* — conductă de admisie ; *6* — conductă de evacuare.

cular se etanșează cu garnituri speciale de tipul segmenților de piston. Pentru a aluneca mai ușor, peretele interior al vasului se unge cu gudroane.

În cazul cînd presiunea din gazometru trebuie să fie la limita superioară (400 mm H_2O) aceasta se obține mărind greutatea capacului, încărcîndu-l cu balast.

Gazometrul uscat cu bazin inelar (fig. 321) este asemănător cu cele de tip umed, cu deosebirea că clopotul se mișcă într-un spațiu inelar de etanșare, umplut cu lichid inert (ulei sau glicerină).

Aceste rezervoare au avantajul că nu au pierderi prin etanșări. Se utilizează pentru gazele care trebuie să fie perfect uscate (amoniac, clor, acetilenă).

Gazometrele uscate sînt mai avantajoase deoarece:
- gazul nu se umectează;
- presiunea gazului este constantă.

G. MONTAREA, PROBA, CURĂȚIREA, REVIZIA ȘI REPARAREA REZERVOARELOR ȘI GAZOMETRELOR

1. Montarea obișnuită a rezervoarelor cilindrice verticale

La montarea acestor rezervoare se deosebesc următoarele probleme distincte: fundațiile, montarea fundului, montarea mantalei, montarea capacului.

a. Fundațiile rezervoarelor cilindrice verticale

Rezervoarele cilindrice verticale cu fundul plat se construiesc pe fundații continue sau discontinue de beton, pentru capacități mici de 100 pînă la 200 m^3 și fundații de pămînt cu sau fără inel de beton pentru capacități mari.

Fundațiile din pămînt fără inel (fig. 322, *a*), sau cu inel de beton (fig. 322, *b*) se compun dintr-o umplutură de pămînt *1*, realizată din pămînturi nisipoase cu pietriș sau argiloase, un strat de nisip *2*, izolația hidrofugă *3* și inelul de beton *4*.

La construcția platformei se înlătură total stratul vegetal, iar umplutura trebuie să fie omogenă. Dacă umplutura se face cu mai multe sorturi de material, acestea se așază în straturi de grosime constantă.

Umplutura se umezește și se tasează cu cilindrul compresor.

Scanned with OKEN Scanner

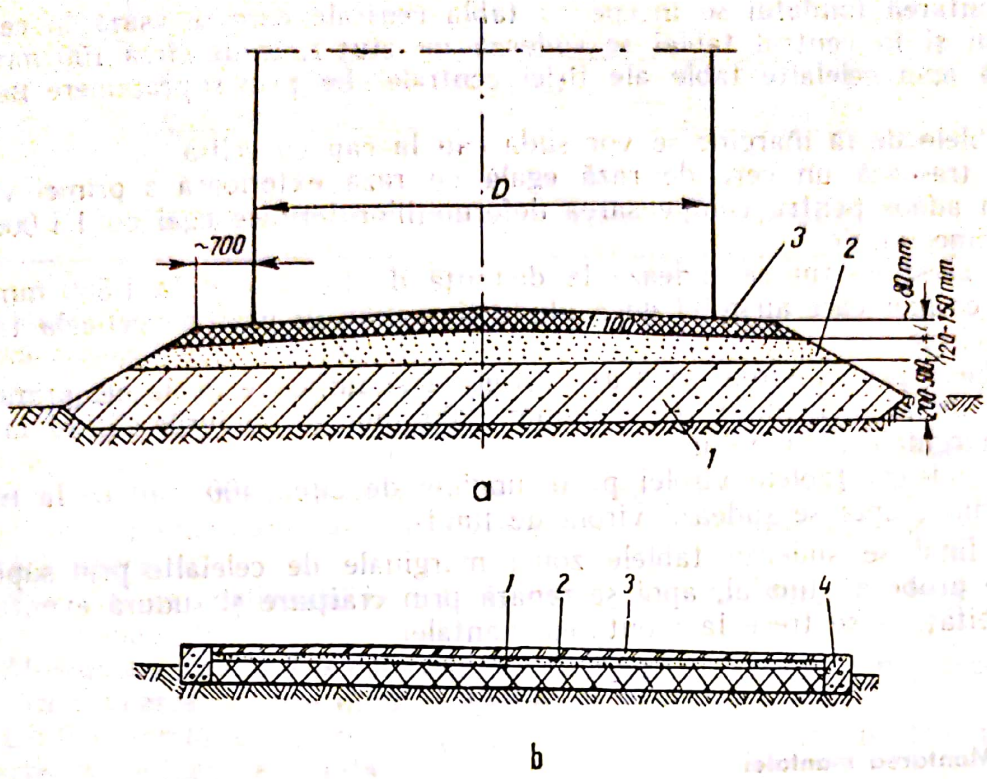


Fig. 322. Fundație de pămînt :
a — simplă ; *b* — cu inel de beton.

Izolația hidrofugă *3* se execută din nisip amestecat cu un liant, păcură sau bitum în proporție de circa 10% din volumul total de nisip. Amestecarea nisipului cu bitum se face în balastiere la temperaturi de 70 pînă la 80°C. După turnare și răcire, peste acest strat se trece cu cilindrul.

Fundația va avea o pantă de 1 : 100.

b. Montarea fundului

Se execută prin suprapunere pe pat de nisip, de preferat cu sudură automată. Prin această metodă se evită pericolul deformațiilor. Protejarea stratului hidroizolant al fundației se face prin acoperirea lui cu un pat de nisip cu grosimea de 1—2 cm.

La construcția fundurilor plate se utilizează de preferință table de 6 000×1 500 mm. Acestea se vopsesc cu vopsea de miniu de plumb pe o față, lăsînd o margine de 30 mm în zona unde se face suprapunerea.

Montarea fundului se începe cu tabla centrală care se așază în centrul fundului și în centrul tablei se sudează un ștuț lung de circa 100 mm. Se sudează apoi celelalte table ale fîșiei centrale, fie prin suprapunere fie cap la cap.

Tablele de la margine se vor suda cap la cap cu eclisă.

Se trasează un cerc de rază egală cu raza exterioară a primei virole, plus un adaos pentru compensarea deformațiilor termice egal cu 1/1 000 din raza primei virole.

Pe acest contur se sudează la distanță de 1 000 pînă la 1 500 mm bucăți de cornier care au rolul de a ghida și susține în poziție verticală tablele primei virole.

Tablele primei virole se așază astfel ca sudurile verticale ale primei virole să fie la o distanță de minimum 200 mm de sudurile dintre tablele zonei marginale a fundului.

Se sudează tablele virolei pe o lungime de circa 400 mm de la fundul rezervorului, apoi se sudează virola de fund.

În final se sudează tablele zonei marginale de celelalte prin suprapunere, se probează fundul, apoi se repară prin crăițuire și sudură eventualele neetanșeități și se trece la montarea mantalei.

c. Montarea mantalei

Se poate realiza prin mai multe metode:

Montarea de jos în sus se execută așezînd tablele una lîngă alta și sudîndu-le la poziție pînă se montează întreg rezervorul. Ridicarea tablelor se face cu automacarale sau la rezervoarele mari cu macarale rotitoare așezate în centrul rezervorului.

Cusăturile transversale dintre tablele unei virole vor fi decalate cu minimum 500 mm de cele ale virolelor învecinate.

Sudurile cordoanelor verticale se execută cap la cap din ambele părți de jos în sus. Sudurile prin suprapuneri de asamblare a virolelor se execută numai după terminarea cusăturilor verticale.

După asamblarea tuturor virolelor, se execută polizarea sudurilor verticale pe 150 mm de la partea superioară a ultimei virole în jos, și se sudează corniere de întărire, care se vor așeza pe toată suprafața, asigurîndu-se astfel forma cilindrică a mantalei.

La montajul mantalei se va verifica la fiecare virolă înainte de sudare verticalitatea, orizontalitatea marginilor, exactitatea formei cilindrice, respectarea jocurilor de montaj.

Montarea de sus în jos se poate aplica numai rezervoarelor de capacitate mică, ale căror semiferme nu se sprijină pe stîlp central. Se montează tablă cu tablă, începînd cu virola superioară care se așază pe butuci de lemn. După asamblarea și sudarea cusăturilor verticale, se montează corniera

Scanned with OKEN Scanner

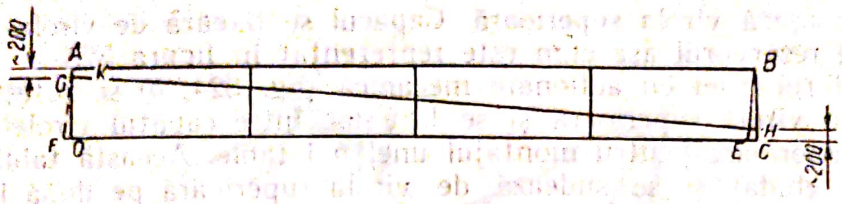


Fig. 323. Trasarea virolelor inferioare și superioare.

superioară, se verifică forma cilindrică, se montează semifermele capacului și apoi capacul în întregime.

Cu ajutorul unor vinciuri dispuse pe circumferință, la distanța de 1 500 pînă la 2 000 mm, se ridică virola superioară cu capacul la o înălțime egală cu înălțimea virolei inferioare. Se introduc dedesubt tablele acestei virole, sudîndu-le întîi pe verticală și apoi de virola superioară. Pe măsura sudării virolei inferioare, se scot vinciurile și se introduc sub ea, în vederea repetării operației.

Montajul se realizează la sol cu utilaje simple. Prezintă însă pericolul deformării mantalei.

Montarea în spirală a mantalei se realizează tot de sus în jos cu deosebirea că ridicarea se face după o spirală.

Dintr-o virolă tăiată pe diagonală (fig. 323) se obține partea inferioară și partea superioară a mantalei.

Se sudează tablele virolei inferioare, de fund, ghidîndu-le cu bucăți de cornieră sudate pe conturul fundului. Pe virola inferioară la distanță de 1 500 pînă la 2 000 mm unul de altul se fixează rolele de ghidaj (fig. 324)

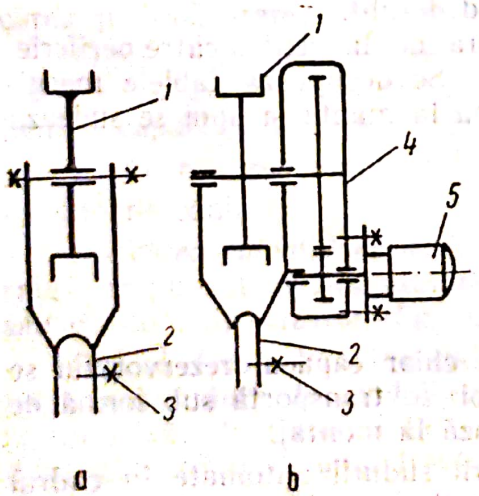


Fig. 324. Rolă de ghidaj:
a — simplă; *b* — antrenată mecanic; *1* — rolă; *2* — suport; *3* — șurub de fixare; *4* — reductor; *5* — motor electric.

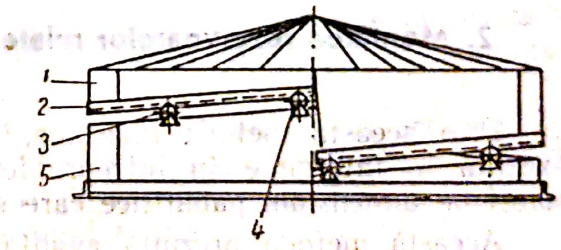


Fig. 325. Rezervor montat prin sudură în spirală:
1 — virolă superioară; *2* — șină de ghidaj; *3* — rolă de ghidaj; *4* — rolă de acționare; *5* — virolă inferioa.

și pe ele se așază virola superioară. Capacul se fixează de virola superioară ș. se obține rezervorul așa cum este reprezentat în figura 325.

Cu ajutorul rolei cu acționare mecanică (fig. 324, *b*) se rotește capacul împreună cu virola superioară și se face loc între capătul virolei inferioare și al celei superioare pentru montajul unei noi table. Această tablă se așază pe șina de ghidaj și se sudează de virola superioară pe două laturi, atît prin interior cît și prin exterior. Acest sistem se aplică pînă se introduc toate tablele mantalei.

Cu ajutorul vinciurilor se scot șinele și rolele de ghidare și apoi se execută cusătura dintre virola inferioară și partea superioară a mantalei.

Avantajele acestui fel de montare sînt că se poate executa la sol, într-un loc fix de muncă, bine organizat, folosind utilaje simple și cu productivitate ridicată.

Acest montaj este limitat la rezervoare care nu au stîlp central.

d. Montarea capacului

Se începe prin așezarea semifermelor. În acest scop se fixează în centrul rezervorului un stîlp central ajutător. Sprijinit de el se așază o semiferma și apoi semiferma opusă, pînă se montează toate semifermele, după care se demontează stîlpul ajutător. Ridicarea semifermelor se face cu o macara mobilă cu braț lung.

Penele și căpriorii se ridică și se montează imediat după aceea. Se ridică apoi tablele care se montează analog fundurilor, de la centru spre periferie. Suprapunerea tablelor se va face în sensul scurgerii apei. Se fixează la început de căpriori prin sudură discontinuă pe dedesubt.

Sudarea definitivă se execută pe deasupra de la centru către periferie, întîi sudurile scurte și apoi cele longitudinale. Se decupează tablele marginale astfel ca să rămînă 10 pînă la 15 mm pînă la manta și apoi se sudează de corniera marginală.

2. Montarea rezervoarelor rulate

Prin această metodă mantaua, fundul și chiar capacul rezervorului se execută în întregime în întreprindere și apoi se transportă sub formă de suluri de dimensiuni gabaritice care se derulează la montaj.

Această metodă prezintă avantajul folosirii sudurii automate în cadrul atelierelor specializate, realizînd astfel o productivitate ridicată. Volumul de lucru se micșorează cu 30%, iar operația de montaj propriu-zis de patru ori.

Elementele componente ale rezervorului după ce se sudează, se rulează pe carcase cilindrice realizate din profile metalice. Diametrul carcasei se

Scanned with OKEN Scanner

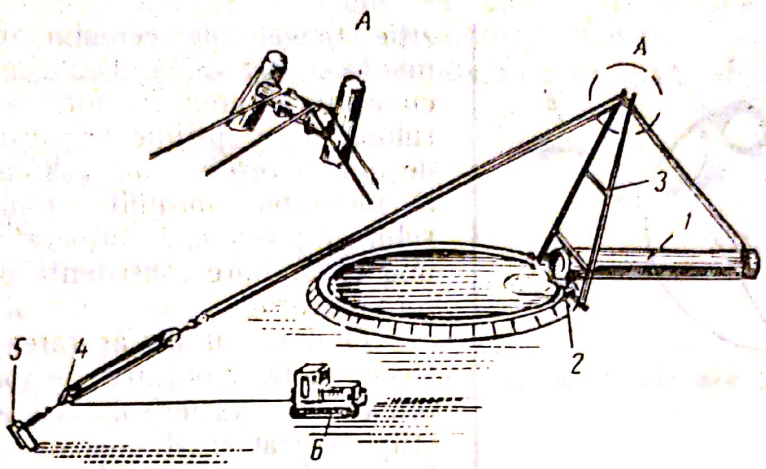


Fig. 326. Ridicarea ruloului de manta.

stabilește astfel ca elementele mantalei prin roluire să nu fie supuse la eforturi care să depășească limita de elasticitate a materialului.

Sudura tablelor care se rulează se face cap la cap iar în cazul grosimilor mici prin suprapunere. Se admite în acest caz ca sudurile să facă noduri în cruce. Sudurile se radiografiază cu raze X și se probează la etanșeitate.

Montarea rezervoarelor rulate cuprinde trei operații: transportul, ridicarea și desfășurarea elementelor.

Transportul rulourilor se face cu autocamioane pentru rezervoarele sub 1 000 m³ și cu vagoane de cale ferată cele mai mari. Mantaua rezervoarelor pentru capacități mai mari de 5 000 m³ se transportă pe două rulouri.

În incinta șantierului rulourile se pot transporta prin rostogolire sau așezate pe sănii.

Ridicarea ruloului de manta pe verticală se face cu macarale de capacitate corespunzătoare, cu ajutorul unui stîlp și a două lansatoare de conducte, sau cu un stîlp căzător (fig. 326).

Ruloul *1* este fixat de cadrul de ridicare *3* printr-un suport articulat *2*, fixat prin sudură de fundul rezervorului. Printr-un sistem de palane *4* fixat la un capăt de rulou și la celălalt capăt de un punct fix *5* se execută ridicarea cu ajutorul unui tractor *6* sau a unui troliu.

Desfășurarea elementelor rulate. Se începe prin desfășurarea ruloului sau a rulourilor de fund, care se realizează de la sine după tăierea sudurii de fixare a ruloului, frînînd operația cu un cablu legat la un troliu sau la un tractor. Se fixează fundul pe fundații și apoi se ridică ruloul manta în po-

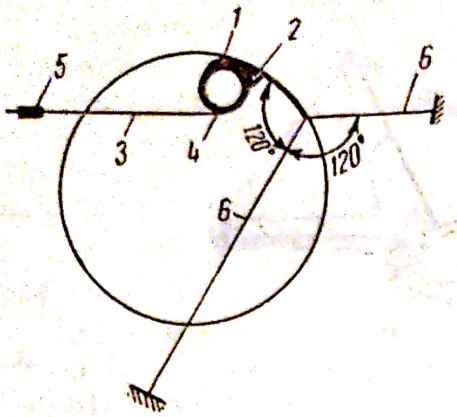


Fig. 327. Desfășurarea mantalei:
1 — rulou de manta; *2* — opritor; *3* — cablu tracțiune; *4* — dispozitiv de fixare a cablului; *5* — tractor; *6* — ancoră.

ziție tangențială cercului de așezare a mantalei (fig. 327). Desfășurarea se face cu ajutorul unui tractor, care determină ruloul să se sprijine pe cornierele sudate de fundul rezervorului așa cum s-a arătat la montarea obișnuită. Fundul rezervorului și placa alunecătoare a ruloului se ung cu unsoare consistentă pentru a micșora frecările.

O dată cu desfășurarea mantalei se trece și la montarea sectoarelor prefabricate ale acoperișului cu ajutorul unui stîlp central și al unei macarale mobile. Fixarea la centru se face de obicei chiar pe dispozitivul de transport al ruloului.

Capătul ruloului se sudează prin suprapunere de celălalt capăt al său.

În timpul montajului se verifică forma cilindrică a mantalei, corectînd-o prin tracțiune cu un cablu fixat în locul deformației.

3. Montarea rezervoarelor speciale

Montarea rezervoarelor sferice se poate realiza tolă cu tolă direct pe fundație, pe subansambluri, sau sfera se construiește separat pe dispozitiv și se ridică pe fundație asemănător altor utilaje grele.

Montarea tolă cu tolă se face cu o macara centrală sau o automacara cu braț. Se ridică stîlpii de susținere care se ancorează în șuruburile de fundație și cu ancore din cabluri. Se montează apoi tablele din zona de fixare pe stîlpi sau pe suporturile rezervorului. Se asamblează zona inferioară și se continuă cu virolele din zonele superioare.

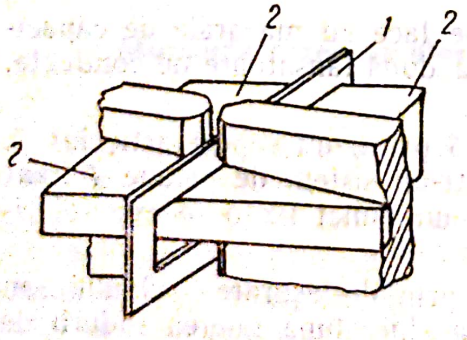


Fig. 328. Asamblarea cu distanțier și pene de centraj:
1 — distanțier; *2* — pene.

Asamblarea tolelor între ele înainte de sudură se face cu pene (fig. 328), călărești și agrafe.

Montarea pe subansambluri constă în executarea pe dispozitive a semisferelor și asamblarea lor pe fundație.

Montarea pe dispozitiv a întregii sfere, constă în sudarea manuală a primului strat al cusăturilor pentru rigidizarea rezervorului și apoi realizarea prin sudură automată a întregii sfere pe un dispozitiv

Scanned with OKEN Scanner

care permite rotirea sferei în jurul unui ax. Sudurile la interior se efectuează după crăițuirea sudurii manuale, tot cu sudură automată.

Montarea rezervoarelor în formă de picătură de apă se execută în următoarea ordine:

- zona centrală a fundului și stîlpul central;
- inelul cu suporturi de susținere;
- tablele fundului;
- nervurile de susținere (fermele);
- tablele mantalei;
- calota superioară.

Tolele folosite sînt cu dublă curbură și se realizează prin presare în matrițe sau vălțuire cu valțuri profilate.

Forma lor se verifică cu șabloane.

4. Montarea rezervoarelor orizontale

Rezervoarele orizontale pot fi montate îngropat, în gropi amenajate, la sol sau pe platforme. Ele pot fi așezate pe suporturi metalice sau de beton. Pentru vasele care lucrează la temperaturi peste 150°C, suporturile se realizează cu o rază de curbură majorată cu circa 6% față de raza vasului, pentru a permite o dilatare radială a acestuia. Unghiul de așezare se ia $\alpha = 120°$, sau $\alpha = 150°$ (fig. 329).

Suporturile metalice sudate la vas, se fixează în buloanele de ancoraj prin găuri ovale, permițînd dilatarea în lungul vasului. Suportul fix trebuie să fie plasat în partea în care vasul are prevăzute racorduri de legătură la instalație.

Recipientele se montează în mod obișnuit cu o pantă de circa 3% către țuțul de golire, permițînd evacuarea completă a lichidului conținut.

Montajul îngropat. Montarea îngropată a vaselor se utilizează pentru vase de depozitare a căror întreținere nu este pretențioasă.

Nu se pot monta îngropat recipientele care sînt supuse controlului DGMSI – ISCIR.

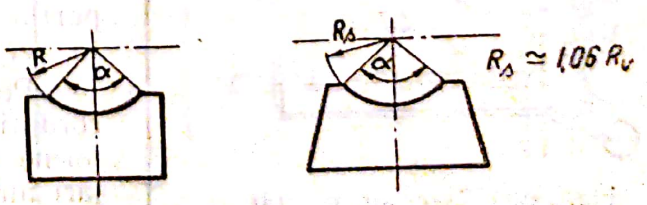


Fig. 329. Suporturi pentru rezervoare cilindrice orizontale.

Vasul se așază în groapă pe o fundație special amenajată. În funcție de teren, fundația se realizează :

- dintr-un strat de balast acoperit cu un strat de nisip ;
- dintr-un pat de beton turnat pe fundul gropii ;
- din blocuri de fundație suport.

După verificarea poziției rezervorului se face acoperirea sa cu pămînt. În timpul acoperirii, pămîntul se va uda și se va îndesa cu maiul. Deasupra rezervorului îngropat se va realiza o mușuroire a terenului, în scopul de a permite scurgerea apelor meteorice în afara zonei de îngropare a vasului.

Accesul la gura de vizitare și la racordurile de legătură ale vasului se realizează printr-o cuvă de beton prevăzută cu scară pisică și acoperită cu un capac metalic. Vasul va fi izolat termic.

Rezervoarele montate îngropat se vor proteja de coroziune prin vopsire cu două straturi de vopsea de miniu de plumb și un strat de izolație hidrofugă.

Aceasta se realizează cu un strat de bitum de 3–5 cm întărit cu pîslă de sticlă.

Montajul în gropi special amenajate. Rezervoarele se așază în fundul unei gropi pe suporturi de beton sau metalice (fig. 330). Groapa se execută cu pereți verticali sau ușor înclinați din cărămidă sau beton, cu bordură pentru împiedicarea pătrunderii apelor în interior, cu balustradă și scară de acces. Groapa se prevede cu scurgere în canalizare, cu închidere hidraulică.

Fundul și pereții gropii se protejează cu scurgerile de produse petroliere prin acoperirea lor cu un strat de beton sclivisit cu grosimea de 4–5 cm.

Gropile de dimensiuni reduse se pot acoperi cu capace de beton sau tablă striată. În acest caz, li se asigură o aerisire printr-o țeavă cu diametrul de 100–150 mm și înălțimea de 2–3 m.

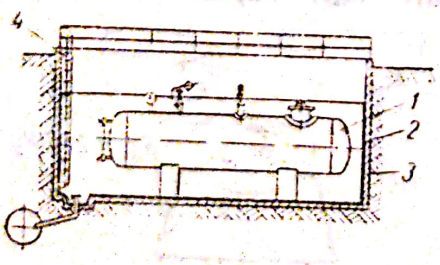


Fig. 330. Rezervor montat în groapă special amenajată :
1 — recipient ; *2* — perete cuvă ; *3* — scliviseală beton ; *4* — scară acces.

Montajul rezervoarelor orizontale la sol. Rezervoarele se pot monta la sol, pe suporturi de circa 0,5 pînă la 0,8 m înălțime în aer liber sau în încăperi.

Pentru acces ușor la ventilele și racordurile vaselor, se prevăd podețe, platforme și scări de acces. Aceste amenajări nu trebuie să influențeze asupra stabilității vasului.

La vasele montate în aer liber aparatajul de măsură și control trebuie să fie

protejat de intemperii prin introducerea lui în casete prevăzute cu sistem de închidere. Indicatoarele de nivel din sticlă sînt prevăzute cu apărători metalice.

Suprafața exterioară a rezervoarelor se protejează de acțiunea corosivă a mediului ambiant prin vopsire. În cazul sablării suprafeței care urmează a fi vopsite, se mărește aderența stratului de vopsea pe metal și se obține o protecție mai eficace. Pentru a se obține și o izolație antisolară, se introduc în vopsea anumiți pigmenți care îi dau calități reflectante.

Rezervoarele izolate termic au izolația protejată printr-un strat de tablă zincată sau galvanizată de 0,5 sau 0,75 mm grosime.

Rezervoarele sub presiune destinate păstrării produselor care își mărește presiunea la temperaturi nu prea ridicate se prevăd cu parasolare sau răcire cu apă.

Recipientele cilindrice orizontale de greutate redusă se pot monta cu ajutorul planului înclinat (fig. 331), al macaralei tripied, sau a unui stîlp de ridicare.

În măsura în care există pe șantiere, se montează cu automacarale sau macarale pe pneuri sau șenile, stîlpi de ridicare, macarale stabile rotitoare sau macarale pe cale de rulare.

Se verifică ca greutatea aparatului ce trebuie montat să nu depășească sarcina admisibilă a macaralei.

Montajul rezervoarelor pe platforme. Rezervoarele se montează pe suporturi metalice, pe platforme de beton sau construcții metalice în funcție de cerințele procesului tehnologic.

Pentru a se ușura atît montajul cît și întreținerea, platformele se înzestrează cu mijloace de ridicare proprii.

În figura 332 pe o platformă *1* sînt așezate rezervoarele *2* iar deasupra se află o grindă mobilă *3* pe care se poate deplasa un electropalan *4*.

Pentru accesul ușor la ventile și racorduri se prevăd podețe și scări metalice.

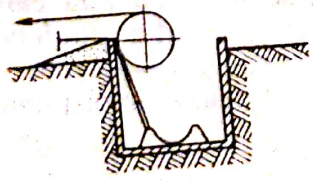


Fig. 331. Montarea rezervoarelor orizontale cu plan înclinat în groapă special amenajată.

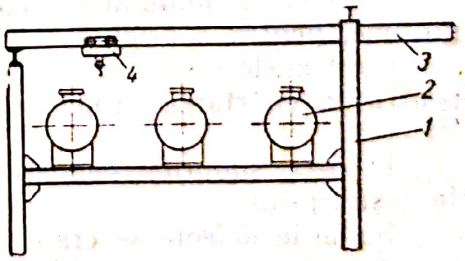


Fig. 332. Rezervoare montate pe platforme
1 — platformă; 2 — rezervor; 3 — grindă mobilă; 4 — electropalan.

5. Montarea gazometrelor

La *gazometrele umede*, montarea fundului, a mantalei și elementelor telescopice se execută asemănător rezervoarelor cilindrice cu fundul plat.

Capacul se sprijină pe arce metalice sau semiferme îmbinate pe un nod central. Se montează pe un stîlp central care rămîne să servească ca sprijin clopotului coborît.

Scheletul metalic preia sarcinile orizontale transmise de gazometru prin role și șinele de ghidaj. Șinele fixate pe schelet trebuie să fie perfect verticale pentru ca deplasarea clopotului să se facă cu ușurință.

La gazometrele uscate o atenție deosebită trebuie acordată montării pistonului și asigurării etanșeității între piston și mantaua cilindrică, pentru a împiedica pierderile de gaze.

6. Probarea rezervoarelor

Rezervoarele atmosferice se probează prin mai multe metode, pe elemente, deoarece reparațiile ulterioare sînt dificile, în special la rezervoarele de produse inflamabile.

a. Probarea fundurilor rezervoarelor

Se face prin reacții chimice sau cu camera de vid. Probarea fundului trebuie făcută cu multă atenție, defecțiunile care apar în timpul funcționării sînt greu detectabile și reparabile.

Probarea chimică se face cu amoniac care se introduce sub fund prin două sau patru țevi dispuse radial, de care se leagă butelii de amoniac prevăzute cu manometre. Presiunea de probă este de circa 20 pînă la 40 mm H_2O.

Perimetrul fundului se acoperă cu izolație de bitum cu nisip pe 100 mm grosime, pentru a asigura etanșarea.

Cordoanele de sudură se curăță de zgură sau noroi, se spală cu apă caldă pentru îndepărtarea urmelor bazice și se pensulează cu o soluție de fenolftaleină.

În cazul sudurilor neetanșe, amoniacul pătrunde și colorează fenolftaleina în roșu aprins.

Sudurile defecte se crăițuiesc și se resudează.

Probarea cu camera de vid se face cu un dispozitiv special care constă dintr-o cameră care înconjoară cordonul de sudură și se fixează pe table prin garnituri de cauciuc moale. Sudura se pensulează cu apă saponificată și după aplicarea camerei pe tabla cu cusătură sudată, se face vid. Dacă

sudura are defecte, apar bule de aer care se văd prin peretele de sticlă al camerei de vid.

b. Probarea mantalei rezervoarelor

Proba prin stropire cu petrol se efectuează prin stropire cu petrol a cusăturilor sudate din interiorul rezervorului. În exterior cusăturile se pensulează cu soluție de var sau cretă. După 24 h în dreptul sudurilor necorespunzătoare apar pete datorită absorbției de petrol. Sudurile defecte se crăițuiesc, se resudează și se probează din nou.

Proba hidraulică constă din umplerea rezervorului cu apă pînă la corniera superioară, după ce în prealabil au fost blindate stuțurile cu excepția celor de încărcare, descărcare și aerisire.

În cazul apariției vreunui defect (deformări, crăpături, supurări) pe măsura umplerii, se coboară nivelul apei cu o virolă, se repară și se continuă proba. Defectele mici se repară ulterior și se probează prin stropire.

Sînt interzise aplicarea de petice, ștemuirea locurilor defecte, lovituri de ciocan în rezervorul plin și staționarea în zona de îndiguire, a persoanelor și utilajelor.

Proba se consideră reușită dacă în 24 h nivelul nu a scăzut și nu au apărut deformări, crăpături sau lăcrimări.

c. Probarea capacului

Se face prin stropire cu petrol și pneumatic.

Probarea pneumatică se efectuează o dată cu proba hidraulică prin introducere de aer comprimat prin ștuțul de aerisire sau prin pomparea de apă în rezervor cu ștuțul de aerisire blindat.

Detectarea defectelor se face prin pensulare cu apă saponificată a cusăturilor sudate ale acoperișului și urmărirea apariției de bule de aer.

Presiunea de probă se ia cu 10% mai mare decît presiunea de deschidere a supapei de respirație.

d. Probarea gazometrelor

Se face element cu element.

Fundul se probează chimic sau cu camera de vid.

Rezervorul, mantaua clopotului, telescoapele și acoperișul se probează prin stropire cu petrol.

După aceste probe se face proba mecanică.

Proba mecanică se execută astfel :

– se umple rezervorul de apă, avînd ștuțurile închise cu excepția ștuțului de aerisire de pe capac ;

– se închide aerisirea, se introduce aer prin conducta de încărcare și clopotul începe să se ridice ;

– se urmărește ca ridicarea să se facă perfect vertical, fără smucituri, îngrădiri, opriri. O creștere bruscă a presiunii indică înțepenirea clopotului și impune oprirea imediată a gazului ;

– ridicarea se face pînă la scăparea gazului prin conducta de preaplin.

Operația se repetă de două trei ori cu viteze din ce în ce mai mari.

După ultima ridicare se face proba de 7 zile pentru determinarea pierderilor de gaze.

7. Curățarea rezervoarelor

Se face pentru :

– îndepărtarea stratului de murdărie depus pe fund ;

– schimbarea produsului depozitat (în special cînd rezervoarele de produse negre se trec pentru produse albe) ;

– reparații cu flacără sau fără.

Curățarea pentru îndepărtarea stratului depus pe fundul rezervorului este necesară deoarece depunerile de săruri și de nămol pot ajunge la înălțimi de 1 pînă la 2 m în cazul rezervoarelor de țiței.

Se golește rezervorul și se aburește 4 pînă la 8 h pentru îndepărtarea fracțiilor ușoare din nămol și se continuă aerisirea prin gurile de vizitare și de lumină.

Se iau probe de aer din rezervor și după analiza lor, muncitorii intră în rezervor (niciodată unul singur).

Curățarea se efectuează cu jeturi puternice de apă îndreptate către ștuțurile de golire a rezervorului și apoi prin curățare manuală cu lopata și transportul nămolului cu găleți sau benzi rulante acționate de motoare antiexplozive.

După curățare se face inspecția rezervorului, se determină locurile unor eventuale reparații și după reparație se pune din nou în exploatare.

Curățarea pentru schimbarea produsului depozitat se face așa cum s-a arătat mai sus și se continuă cu spălarea pereților și fundului cu rumeguș și bumbac înmuiat în petrol. La sfîrșit se face o nouă spălare cu apă caldă a întregului rezervor.

Curățarea pentru reparații se face numai local în zona de reparație în cazul reparațiilor fără flacără.

Reparațiile care se fac cu sudură, deci cu flacără, impun o curățare perfectă. După o curățare pentru îndepărtarea stratului depus, se face o aburire în vederea eliminării resturilor de vapori de produse petroliere timp de 12 pînă la 72 h în funcție de produsul care a fost depozitat. În acest

timp gurile de lumină de pe acoperiș rămîn deschise. Se oprește aburul și după condensarea lui se iau probe și numai atunci sînt permise reparațiile cu flacără.

8. Repararea rezervoarelor și gazometrelor

Defecțiunile cele mai curente la rezervoare sînt coroziunea materialului și tasarea fundației, care duce la ondularea fundului și slăbirea îmbinărilor.

Tablele corodate ale fundului sau mantalei se repară prin metalizare, prin aplicarea de petice sau prin înlocuire dacă defectul a cuprins o zonă prea lungă. Tabla nouă se sudează prin suprapunere.

În cazul apariției de crăpături sau fisuri pătrunse sau nepătrunse se repară prin găuriri la capete, crăițuire și sudare.

Serpentinele corodate se examinează atent și porțiunile corodate se înlocuiesc.

Tablele noi care se sudează, se taie în fîșii lungi cu lățime de circa 490 mm încît să poată fi introduse prin gura de vizitare.

Gazometrele se repară analog rezervoarelor.

În cazul uzurii sistemului de etanșare, se recomandă ca reparația sa, să se facă numai prin înlocuirea elementelor uzate.

După reparații se fac probe funcționale și de etanșeitate de durată.

H. NORME TEHNICE DE PROTECȚIA MUNCII

Rezervoarele pentru depozitarea produselor petroliere sînt prevăzute cu gură pentru luarea probelor și efectuarea măsurătorilor. Aceasta trebuie să fie bine căptușită cu materiale care nu produc scîntei prin lovire (alamă, cupru).

Toate rezervoarele destinate depozitării produselor petroliere trebuie să fie prevăzute cu instalații fixe sau semifixe de spumă contra incendiilor.

Gazometrele se înzestrează cu instalații de semnalizare sau alarmă pentru a semnaliza nivelul maxim și minim. Nu este admisă instalarea de sticle de nivel sau de robinete pentru luat probe pe mantaua rezervorului.

Rezervoarele se prevăd cu prize de legare la pămînt și vor fi legate la pămînt pentru scurgerea electricității statice.

Parcurile de rezervoare trebuie să fie bine iluminate. La operațiile de măsură, luare de probe și reparații, se folosesc lămpi de mină de tip antigrizutos și din materiale care nu produc scîntei prin lovire. Este interzisă montarea conductoarelor electrice deasupra rezervoarelor.

În parcul de rezervoare se interzice lucrul cu scule care produc scîntei prin lovire.

Este interzisă trecerea și staționarea fără interes de serviciu în parcul de rezervoare. Drumurile de acces în parcurile de rezervoare trebuie să fie prevăzute cu placarde avînd inscripțiile: *Trecerea oprită! Fumatul oprit!* care se afișează vizibil.

Întrebări recapitulative

1. Ce elemente componente prezintă rezervorul cilindric vertical cu fund plat?
2. De ce elemente trebuie să se țină seama în calculul grosimii mantalei cilindrice?
3. Cum poate fi susținut capacul rezervoarelor cilindrice cu fund plat?
4. Care sînt elementele componente ale rezervoarelor cilindrice verticale cu fundul curb?
5. În ce constă avantajul constructiv al rezervoarelor cilindrice cu fundul conic? Dar al celor cu fund sferic?
6. Ce rezervoare intră în categoria rezervoarelor de forme speciale?
7. Unde sînt utilizate și din ce sînt formate, rezervoarele cilindrice orizontale?
8. Ce sînt parcurile de rezervoare și în funcție de ce se clasifică?
9. Ce metode sînt utilizate pentru reducerea pierderilor prin evaporare?
10. Ce sînt gazometrele?
11. Cum se execută montarea rezervoarelor cilindrice verticale?
12. Dar rezervoarele rulate?
13. În cîte moduri se pot monta rezervoarele orizontale?
14. Care sînt metodele de probare a rezervoarelor?
15. Care sînt scopurile curățării rezervoarelor și în constă curățarea în fiecare caz?

Scanned with OKEN Scanner

A. GENERALITĂȚI

În procesul tehnologic un loc deosebit de important este ocupat de *instalațiile anexe* care contribuie la realizarea procesului tehnologic alături de instalațiile de bază.

Astfel există instalații de alimentare cu apă, abur, aer, lumină și forță, de producerea frigului, de golire rapidă și stații de pompare, rețele de hidranți, bazine pentru captare și decantare etc. Toate aceste instalații sînt indispensabile în industria chimică și de rafinării.

B. REȚELE DE ALIMENTARE CU APĂ, ABUR, AER, LUMINĂ ȘI FORȚĂ

1. Alimentarea cu apă

Gospodărirea de apă a unei întreprinderi industriale se compune din următoarele (fig. 333);

- stația de captare a apei din sursele naturale — *1*;
- stația de pompare treapta I, care trimite apa de la stația de captare la cea de tratare — *2*;
- stația de tratare a apei — *3*;
- rezervoare pentru apă tratată — *4*;
- stația de pompare treapta a II-a, care trimite apa în rețeaua uzinei — *5*;
- castel de apă (după situația locală) — *6*;
- rețeaua de distribuție în interiorul uzinei — *7*.

Această schemă generală poate fi modificată de la caz la caz, în funcție de condițiile existente în fiecare unitate industrială și de calitatea apei din sursă.

În cazul în care sînt necesare cantități sporite de apă, se utilizează recircularea apei prin instalații de răcire, degazare etc.

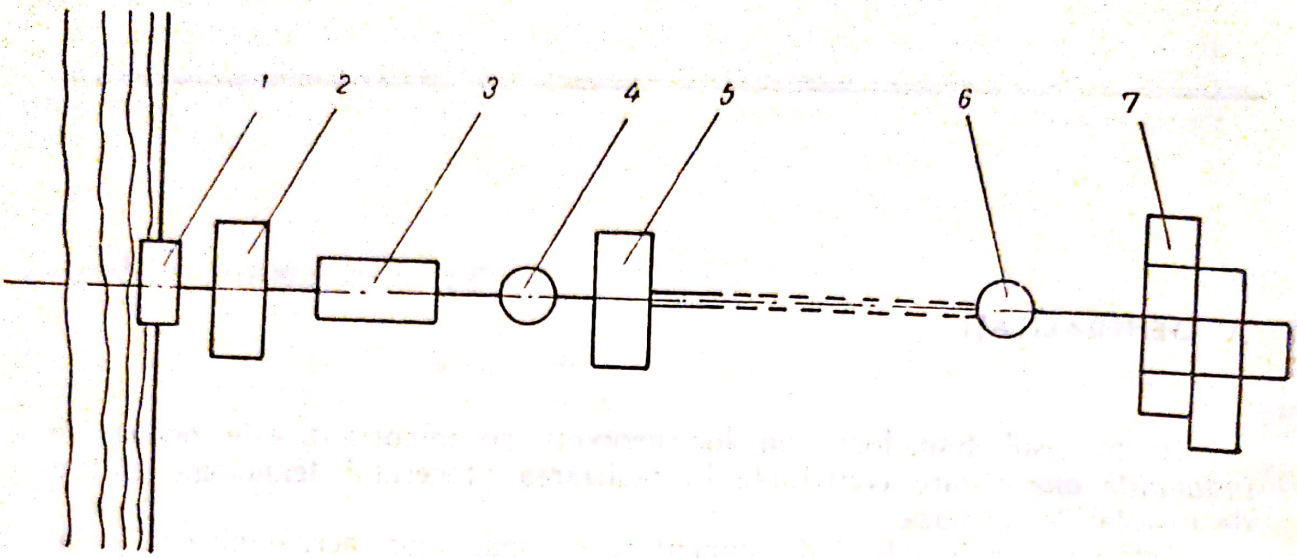


Fig. 333. Schema generală a alimentării cu apă.

Apa este captată din ape subterane, izvoare și surse de suprafață și apoi este tratată pentru a corespunde condițiilor de utilizare.

Prin decantare, filtrare, neutralizare și dedurizare, apele industriale sînt purificate în vederea utilizării lor.

După folosirea lor, apele devenite reziduale sînt evacuate prin rețeaua de canalizare. În funcție de compoziția apelor reziduale se folosesc următoarele sisteme de canalizare:

– sistem unitar, cu o singură rețea de canalizare, în care deversează toate apele reziduale;

– sistem separativ, în care pentru fiecare fel de apă reziduală se prevede o rețea separată.

Din punct de vedere constructiv canalele unei rețele pot fi închise sau deschise. În uzinele mari se prevăd numai canale închise.

Materialele de construcție pot fi după natura apelor reziduale de mai multe feluri: beton simplu sau armat, monolit sau prefabricat, tuburi de azbociment, tuburi de metal, tuburi ceramice de bazalt sau gresie artificială.

Canalizarea exterioară preia apele din rețelele de canalizare interioară și le conduc spre locul de deversare. Rețeaua exterioară de canalizare se compune din următoarele elemente: canalizarea propriu-zisă, căminele de vizitare, recipientele pentru colectarea apelor etc.

Exploatarea corectă a instalațiilor pentru captarea apei trebuie să se facă ținîndu-se seama de:

– urmărirea graficului de variație a debitelor necesare de apă;

– curățirea și menținerea în stare de funcționare a vanelor, stăvilarelor și altor dispozitive mecanice necesare la captare ;

– asigurarea funcționării la nivelul indicatorilor optimi a agregatelor de pompare a compresoarelor și instalațiilor electrice și de automatizare.

Lucrările de întreținere cuprind următoarele categorii de reparații : inspecții și revizii preventive, reparații curente planificate, reparații curente pentru înlăturarea defecțiunilor semnalate și măsurile speciale pe timp de iarnă pentru prevenirea înghețului.

2. Alimentarea cu abur

Instalațiile sînt alimentate adesea printr-o metodă foarte economică și anume prin *termoficare*, folosind de cele mai multe ori ca mediu încălzitor principal aburul de priză de la turbinele unei *centrale termoelectrice*. De la centrala termică care este generatorul de căldură, pleacă conductele purtătoare ale *mediului încălzitor principal* care poate fi aburul sau apa supraîncălzită.

Cu ajutorul unui schimbător de căldură, în fiecare unitate componentă a grupului termoficat, se poate prepara *mediul încălzitor secundar*. În felul acesta se obține abur de joasă presiune sau apă caldă.

Dacă se urmărește încălzirea unor hale industriale, atunci se poate folosi direct, mediul încălzitor principal.

În general, pentru încălzirea cu abur, se utilizează fie instalațiile cu abur de joasă presiune fie de înaltă presiune.

Sistemul de încălzire cu abur de joasă presiune este cel mai răspîndit în industrie, deoarece poate utiliza aburul din rețeaua întreprinderii după ce presiunea acestuia a fost redusă în prealabil la 0,05 pînă la 0,10 kgf/cm². Necesită însă dimensionarea largă a radiatoarelor și conductelor, precum și o bună izolare a acestora din urmă, pentru a limita pierderile de căldură.

Încălzirea cu *abur de înaltă presiune* se folosește numai la operații tehnologice (uscătorii, aparate de încălzit și schimb de căldură la temperaturi peste 100°C etc.) asigurîndu-se o încălzire rapidă, prin cedarea unei importante cantități de căldură.

Dezavantajele acestui fel de încălzire sînt :

– reglarea temperaturii este dificilă ;

– necesită cheltuieli sporite în exploatare (datorită înlocuirilor frecvente de armături și garnituri) ;

– necesită oale de condensare, pentru evacuarea apei condensate, dispozitive care se defectează foarte des, permițînd aburului neutilizat să scape în afară ;

– pierderile de condensare sînt importante.

Scanned with OKEN Scanner

Conductele pentru alimentarea cu abur a instalațiilor trebuie să fie de bună calitate și legăturile perfect etanșe, pentru a nu se produce scăpări de abur sub presiune.

Ungerea diferitelor părți componente ale utilajelor trebuie să se facă automat sau numai după scoaterea din funcțiune a acestora, în vederea evitării accidentelor.

3. Instalații de aer comprimat

În scopul alimentării instalațiilor și laboratoarelor uzinale cu aer comprimat, sînt utilizate stațiile de compresoare, care conțin pe lîngă unitățile de compresoare, filtre, răcitoare și separatoare, studiate anterior și instalații de ungere a compresoarelor, tabloul de aparate de măsurat, conducta de aer și de apă împreună cu armăturile aferente.

Fiecare compresor trebuie să aibă o instalație de ungere proprie. Alimentarea se poate face din sursă comună și în situația în care compresoarele lucrează în paralel pe aceeași rețea trebuie să aibă fiecare un recipient de aer (rezervor-tampon) propriu.

Centrala de aer comprimat trebuie instalată într-o încăpere fără etaj, izolată de secțiile productive și apărată contra incendiului. Alături de hala compresoarelor este indicat să se prevadă un mic atelier de întreținere și reparații.

Grupurile generatoare de aer comprimat formate din motor și compresor, trebuie să aibă fundații independente, atît unele față de altele, cît și față de fundațiile clădirii.

Aerul comprimat, produs de compresoare și înmagazinat în rezervoarele-tampon este distribuit la locurile de lucru, pentru deservirea mașinilor, uneltelor și echipamentelor pneumatice, printr-o rețea de conducte.

Partea interioară (din centrală) a acestei rețele conține următoarele elemente, în ordinea trecerii aerului în circuitul instalației : priza de aspirație, filtrul de aer, conducta de aspirație, cilindrul de joasă presiune, răcitorul intermediar, cilindrul de înaltă presiune, răcitorul final, separatorul de ulei, rezervorul-tampon, vana de distribuție și conducta principală de distrbuție.

Din conducta principală de distribuție, se ramifică toate conductele secundare, care deservesc locurile de muncă.

Conductele de aer se execută din țevi de oțel. Căderile de presiune de la compresor pînă la cel mai îndepărtat receptor de aer, nu trebuie să depășească 8% din presiunea nominală a instalației. Pe această bază trebuie să se facă dimensionarea rețelei.

Cel puțin o dată la trei luni, conductele de aer, trebuie curățate de depuneri cu o soluție de sodă caustică 3%. Prevenirea accidentelor la compresoare, poate fi realizată prin folosirea pentru uns a unui ulei special de compresor, cu un punct de inflamabilitate ridicat.

Scanned with OKEN Scanner

4. Instalații de lumină și forță

Instalațiile electrice utilizate în cadrul unei întreprinderi industriale se pot clasifica în:

– instalații de alimentare cu energie electrică;
– instalații de distribuție interioare.

Tipul schemelor de alimentare cu energie electrică și schemele de distribuție depind de puterea absorbită, de asigurarea continuității în funcționare, de suprafața deservită, de distanța față de sursa de alimentare, de raportul dintre energia termică și energia electrică necesară în unitate etc.

Dacă întreprinderea consumă cantități importante de abur, se utilizează centrale proprii, deoarece energia produsă, în aceste cazuri, în termocentrale este avantajoasă din punct de vedere economic. Centrala electrică proprie se interconectează la sistemul energetic, care constituie și a doua sursă de alimentare.

Distribuția interioară se stabilește în funcție de importanța consumatorilor și de amplasarea lor pe teritoriul întreprinderii. Distribuția de tensiune joasă (220 V, 380 V, 500 V) se face numai la distanțe relativ mici (cel mult 1 km) și pentru consumatori de puteri foarte reduse.

Dacă distanța este mai mare față de punctul de alimentare, se utilizează distribuția cu tensiune medie (6 sau 15 kV).

Curentul electric cel mai utilizat este cel trifazat de 50 Hz.

Curentul continuu se utilizează la motoare a căror turație se reglează, în limite largi, în procesele electrochimice etc. și se obține prin redresarea curentului alternativ în stații de redresoare.

Schemele cele mai uzuale de alimentare cu energie electrică a unei întreprinderi sînt următoarele:

– întreprindere cu centrală electrică proprie; distribuția se face de la această centrală, în curent alternativ, la tensiune joasă;

– întreprinderea are centrală proprie dar mai este interconectată și la sistemul energetic, distribuția din termocentrală se face la tensiune joasă, coborîrea tensiunii de la sistemul energetic se face prin intermediul unei stații de transformare;

– întreprinderea utilizează curent de 6 kV pe care-l primește din sistem prin stație de transformare și din centrala proprie, distribuția interioară făcîndu-se după natura consumatorilor prin stațiile de transformare necesare.

Alimentarea cu energie electrică trebuie să îndeplinească următoarele condiții: tensiune constantă, frecvență constantă, simetria tensiunilor, continuitatea alimentării.

Continuitatea alimentării cu energie electrică este foarte importantă pentru exploatarea unei instalații. Întreruperile de curent produc totdeauna deranjamente care pot conduce la avarii grave.

Scanned with OKEN Scanner

Distribuția energiei electrice la tensiune joasă prezintă avantajele următoare:

– nivelul de izolație necesar foarte redus;
– posibilitatea utilizării motoarelor asincrone;
– posibilitatea de a alimenta din același sistem receptoarele monofazate și trifazate;
– posibilitatea de a se obține două tensiuni de utilizare (380 și 220 V).

Protecția instalațiilor de tensiune joasă se realizează împotriva supratensiunilor și suprasarcinilor, scăderile de tensiune nefiind periculoase decît pentru motoarele asincrone.

Protecția trebuie să îndeplinească următoarele condiții fundamentale: să fie sigură, să acționeze rapid, să acționeze selectiv (să deconecteze exclusiv circuitul avariat), să nu acționeze intempestiv (să nu deconecteze un circuit în cazul unei suprasarcini de scurtă durată, care nu este periculoasă).

Protecția se realizează prin montarea în circuit a siguranțelor fuzibile, a întrerupătoarelor automate și a contactoarelor cu relee directe.

Instalațiile de tensiune joasă distribuie energie prin cabluri, conductoare izolate și neizolate de cupru, aluminiu și oțel. Cablurile se așază direct în pămînt, în canale sau în blocuri de protecție. În interiorul clădirilor conductoarele izolate se introduc în tuburi de protecție.

Dacă instalațiile au medii explozive sau inflamabile, distribuția interioară se realizează în tuburi etanșe sau în cabluri armate. Tablourile de distribuție în instalațiile industriale sînt numai închise, capsulate sau așezate în dulapuri metalice.

Exploatarea instalațiilor de lumină și forță necesită măsuri deosebite de protecția muncii, privind securitatea personalului de deservire precum și a utilajelor respective.

Personalul care execută comenzile, trebuie să fie bine instruit, să posede echipament de protecție corespunzător și să folosească scule conform normelor de protecția muncii.

Folosirea sculelor necorespunzătoare, sau a celor improvizate se interzice întrucît poate constitui, de cele mai multe ori, o cauză a accidentelor de muncă.

Exploziile și incendiile pot surveni în cazul scurtcircuitelor sau al funcționării anormale a instalației electrice, însoțită de apariția arcurilor sau scînteilor electrice.

Pentru înlăturarea pericolului de explozie, se iau următoarele măsuri:
– realizarea unei ventilații bune, în încăperile cu emanații de gaze sau vapori;
– înlăturarea cauzelor care pot provoca și arcuri electrice.

Pentru protecția omului contra tensiunilor accidentale de contact se poate folosi: tensiunea redusă, izolarea electrică a omului, legarea la pămînt a instalațiilor etc.

Scanned with OKEN Scanner

C. INSTALAȚII PENTRU PRODUCEREA FRIGULUI

1. Principiile producerii frigului

În industrie, unele procese tehnologice de fabricație necesită răciri la temperaturi coborîte care nu se pot obține numai cu agenți de răcire ca apa și aerul, atunci se folosesc instalații speciale de producerea frigului.

În practică pentru obținerea frigului, se folosesc diverse substanțe numite *agenți frigorifici* care prin trecere de la o stare de agregare la alta consumă energie mecanică sau termică pe care o iau de regulă de la mediul înconjurător. Cel mai des se utilizează comprimarea și destinderea gazelor, absorbția gazelor și evaporarea lichidelor.

Schema generală a producerii frigului este redată în figura 334. Frigul se produce prin evaporarea și condensarea agentului frigorific pe seama introducerii (unui consum) de energie din exterior cu ajutorul unei mașini frigorifice (de obicei un compresor).

La temperatură și presiune joasă, agentul frigorific se evaporă luînd căldura Q_o de la corpul care trebuie răcit. Această căldură este transmisă de agentul de răcire corpului care preia căldura pentru a se condensa la o temperatură și presiune mai înaltă. Pentru realizarea unei astfel de transmitere de căldură este necesar să se consume echivalentul caloric al lucrului mecanic AL (kcal) produs de mașina frigorifică care se transmite de asemenea agentului frigorific. Deci agentul frigorific ia prin evaporare, de la corpul care trebuie răcit Q_o (kcal) și cedează prin condensare, mediului de răcire (apă, aer) Q_o+AL (kcal). Bilanțul general de energie (căldură) al unei instalații frigorifice este:

$$Q=Q_o+AL \quad \text{[kcal]} \qquad (255)$$

În industrie pentru obținerea frigului se evaporă agenții frigorifici lichizi la presiune scăzută. Astfel amoniacul lichid se evaporă la 0,4119 kgf/cm² și scade temperatura la $-50°C$; prin evaporarea etanului lichid la 0,5354 kgf/cm² se obțin $-100°C$, iar prin evaporarea azotului lichid se obțin $-210°C$.

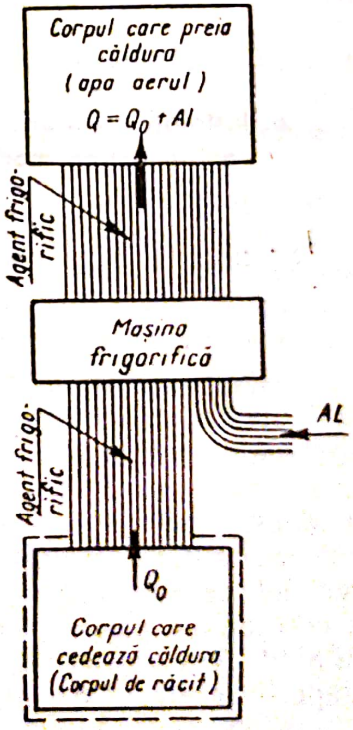


Fig. 334. Schemă de principiu a unei instalații frigorifice.

2. Instalațiile frigorifice

Instalațiile frigorifice sînt formate dintr-un număr de aparate și conducte de legătură care formează un sistem închis. Ele se pot clasifica în:

- instalații pentru răcire moderată (−50°C);
- instalații de răcire înaintată (−210°C).

În industria chimică frigul se aplică la lichefierea gazelor, la condensarea fracționată a gazelor (aer) și separarea amestecurilor gazoase, la cristalizarea fracționată a sărurilor din soluții, la fabricarea cauciucului sintetic.

În industria petrolieră se folosește frigul în instalațiile de deparafinare a uleiurilor și dezuleiere a gaciurilor precum și de dezasfaltare a reziduurilor cu propan.

Agentul frigorific trebuie să aibă căldura latentă de vaporizare cît mai mare, volumul specific la temperatura de evaporare și presiunea corespunzătoare acesteia să fie cît mai mic, raportul dintre căldura specifică a lichidului și căldura de vaporizare să fie cît mai mic, temperatura, presiunea critică și punctul de topire să fie cît mai îndepărtate de ciclul de funcționare al instalației, să fie stabil, neinflamabil, netoxic, necorosiv și lipsit de vapori de apă etc.

a. Instalațiile frigorifice pentru răcirea moderată

Se împart după principiul de funcționare în:

- instalații frigorifice cu comprimarea vaporilor;
- instalații frigorifice cu absorbție.

Instalațiile frigorifice prin comprimarea vaporilor de amoniac, de tipul celei prezentate în figura 335, funcționează astfel: compresorul *1* aspiră vaporii de amoniac și-i comprimă apoi în condensatorul *2* pînă la presiunea de comprimare p_c=8,74 kgf/cm², căreia îi corespunde temperatura t_c=20°C. În condensator vaporii de amoniac se condensează prin răcire cu apă, căreia îi cedează căldura de vaporizare. Din condensator amoniacul lichefiat trece prin ventilul de destindere *3* unde presiunea se reduce la p_o=2,4 kgf/cm², căreia îi corespunde punctul de fierbere t_o=−15°C și ajunge în serpentina evaporatului *4*. Aici absorbind căldura de la mediul care trebuie răcit se evaporă. Vaporii de amoniac sînt aspirați de compresorul *1* și ciclul se repetă.

Dacă se urmărește obținerea unui frig între −25°C și −50°C este necesar să se micșoreze t_o și să se mărească t_c, pentru ca diferența $t_c - t_o$ să fie cît mai mare. Aceasta duce la mărirea raportului de comprimare p_c/p_o în com-

presor, deci crește și puterea necesară pentru compresiune. Pentru reducerea puterii necesare compresiunii și pentru asigurarea curgerii se lucrează în două sau chiar trei trepte de compresiune, cu răcire intermediară.

Compresoarele utilizate în acest tip de instalații sînt cu piston, compresoare rotative și turbocompresoare de mare capacitate frigorifică. Pentru un anume agent frigorific și pentru aceleași limite de temperatură, capacitatea frigorifică a compresorului depinde de dimensiunile lui, de numărul de rotații, de randamentul mecanic și de alți parametri.

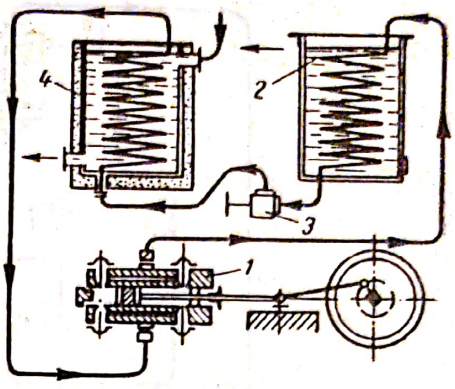


Fig. 335. Instalație frigorifică cu comprimarea vaporilor de amoniac.

Compresoarele orizontale cu cilindrii în opoziție sînt mai avantajoase față de celelalte tipuri de compresoare.

Condensatoarele multitubulare atmosferice, cu stropire cu apă și evaporare forțară, cu răcire cu aer sau turn, indiferent de tipul utilizat sînt folosite pentru condensarea agentului de răcire.

Evaporatoarele sînt utilizate pentru evaporarea agentului frigorific luînd căldura de la mediul care trebuie răcit.

Instalațiile frigorifice cu absorbție se bazează pe absorbția vaporilor agentului frigorific de către un absorbant oarecare, la presiunea de evaporare, urmată de degajarea ulterioară a vaporilor absorbiți la presiunea de condensare.

Agentul frigorific este amoniacul în soluție apoasă, iar ca absorbant, apa.

În figura 336, este indicată o instalație la care în fierbătorul *1* se introduce o soluție concentrată de amoniac (45%) dizolvat în apă. Fierbătorul se încălzește pe la fund cu ajutorul unei serpentine cu abur, introducîndu-se cantitatea de căldură Q_f. Vaporii de amestec de apă-amoniac se concentrează în amoniac. În deflegmatorul *2* vaporii cedează apei de răcire cantitatea de căldură Q_d. Vaporii care părăsesc deflegmatorul conțin amoniac în proporție de 99,8%, iar urmele de vapori de apă antrenați din coloană se condensează și revin în coloană ca reflux.

Vaporii de amoniac trec în condensatorul *3* unde cedează apei de răcire căldura lor de condensare Q_{cond}. Lichidul (amoniac) trece prin ventilul de reglare VR_1 și cu presiunea redusă intră în evaporatorul *4*, unde se evaporă absorbind cantitatea de căldură Q_0 de la mediul supus răcirii.

Vaporii de amoniac sînt absorbiți în absorberul *5* într-o soluție diluată de amoniac, care vine de la fundul fierbătorului prin ventilul de reglare a presiunii VR_2 și schimbătorul de căldură *6*. În absorber vaporii de amoniac cedează soluției diluate de amoniac, cantitatea de căldură Q_{abs}; această cantitate de căldură este transmisă apei de răcire care circulă prin serpentina absorberului.

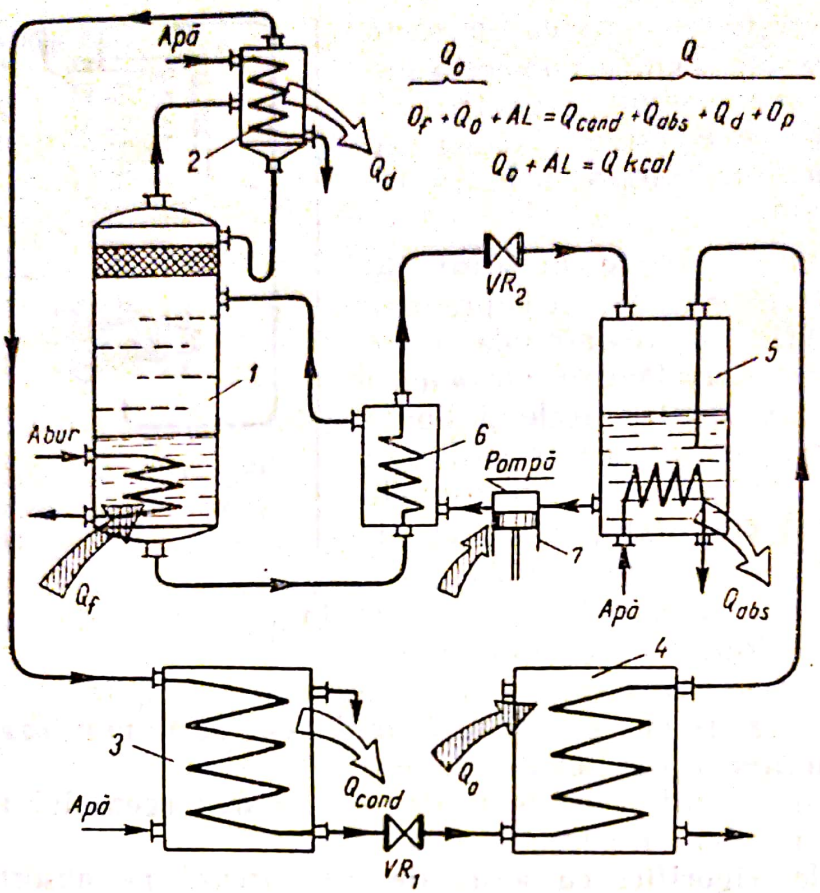


Fig. 336. Schema instalației frigorifice cu absorbție cu amoniac și apă.

Soluția concentrată de amoniac (45%) astfel obținută în absorber, trece cu ajutorul pompei *7* prin schimbătorul de căldură *6*, din nou în fierbător pentru un nou ciclu. Cînd trece prin pompa *7*, amoniacul primește cantitatea de căldură *AL* echivalentă lucrului mecanic al pompei. Bilanțul termic al instalației frigorifice prin absorbție este dat de relația:

$$Q_f + Q_o + AL = Q_{cond} + Q_{abs} + Q_d + Q_p \text{ [kcal]} \qquad (256)$$

în care:

Q_p reprezintă pierderile de căldură în instalație, în kcal, iar ceilalți termeni au semnificația din figura 336.

b. Răcirea înaintată

Unele gaze care au temperaturi critice sub $-100°C$, se pot lichefia numai printr-o răcire înaintată unde se pot atinge temperaturi de $-210°C$ sau chiar mai mult.

Obţinerea temperaturilor scăzute se poate face prin :

– destindere laminară (efectul Joulle-Thomson) ; se obţine prin trecerea gazului printr-o deschidere îngustă ;

– destinderea gazului cu executare de lucru mecanic în exterior ; destinderea se face printr-un motor cu detentă.

Una din aplicaţiile cele mai importante ale răcirii înaintate este fracţionarea gazelor dintr-un amestec, lichefierea acestuia cu ajutorul răcirii înaintate şi apoi separarea pe baza punctelor de fierbere ale componenţilor care alcătuiesc amestecul lichefiat. Pentru separare, amestecul de gaze se supune mai întîi lichefierii printr-o răcire înaintată treptată şi apoi urmează fie condensarea fracţionată, fie distilarea fracţionată.

Aparatura de bază pentru aceste operaţii conţine în mod obligatoriu *coloana de rectificare simplă* sau cea *cu dublă rectificare.*

Materialele utilizate la construcţia instalaţiilor de răcire înaintată trebuie să satisfacă următoarele condiţii :

– să păstreze proprietăţile de rezistenţă mecanică la temperaturi foarte coborîte ;

– să reziste la coroziune ;

– să fie rele conducătoare de temperatură.

Aparatele care lucrează la temperaturi scăzute se construiesc din cupru, iar piesele turnate care lucrează la presiuni mari (ventilele de reglare, colectoarele schimbătoarelor de căldură) se fac din alamă, bronz sau alamă cositorită.

Ca materiale de etanşare se folosesc : piele, clingherit, iar pentru flanşe care suportă presiuni mari, se utilizează garnituri de cupru. Pentru izolaţie se utilizează : lîna, bumbacul, lîna de zgură, vata de sticlă etc.

Peste izolaţia termică, instalaţiile de răcire înaintată se îmbracă în mantale din tablă de oţel.

3. Exploatarea şi repararea instalaţiilor pentru producerea frigului

Exploatarea normală, la parametrii prescrişi pe proiect şi de încărcare a staţiei de frig duce la realizarea costului minim al kilocaloriilor produse. Cadrele specializate trebuie să cunoască funcţionarea întregii instalaţii, precum şi oprirea şi pornirea compresoarelor.

În tot timpul exploatării trebuie controlată ungerea la compresoare, prin observarea vizoarelor de control şi a presiunii la manometrul de ulei care trebuie să fie cu 1 pînă la 2 kgf/cm² peste cea de aspiraţie.

Rentabilitatea exploatării unei staţii de frig depinde mult de întreţinerea acesteia şi de planificarea judicioasă a reparaţiilor în timpul iernii.

Partea cea mai delicată la compresoare este presetupa deoarece pe aici sînt scăpări de gaze, de aceea trebuie întreţinută în mod special.

Scanned with OKEN Scanner

Condensatoarele trebuie regulat aerisite și curățate de ulei. Este necesar să se verifice etanșeitatea prin analiza apei de răcire, dacă nu conține amoniac.

La evaporatoare se îndepărtează uleiul și se fac verificări de etanșeitate prin analiza saramurii sau a apei tehnologice, cu reactivi chimici. Nivelul agentului frigorigen trebuie să fie la circa 50% din înălțimea evaporatorului. Acest nivel se menține cu ajutorul unui ventil de reglaj cu plutitor de joasă sau înaltă presiune.

Este necesar ca săptămînal să se verifice concentrația saramurii pentru a evita înghețarea evaporatorului și deci spargerea acestuia.

Pentru completarea agentului frigorigen (în timpul exploatării se produc pierderi de gaze) amoniacul se introduce în mod normal tot prin stația de reglaj, închizîndu-se ventilul de legătură cu rezervorul de amoniac.

Instalațiile de frig trebuie revizuite anual prin reparații curente și reparații capitale la 10 pînă la 15 ani.

În cadrul reparațiilor capitale, pot fi înlocuite evaporatoarele deschise, parte din conducte și vane (mai ales cele de la saramură care se corodează). Reparațiile curente se fac de beneficiar, iar cele capitale de întreprinderi de specialitate.

4. Norme de tehnica securității muncii

Pentru o bună funcționare a stațiilor de frig este necesar să se respecte următoarele măsuri:

- exploatarea să se facă numai de cadre calificate;
- aparatele de măsură și control trebuie verificate și sigilate de organele de control;
- recipientele trebuie să aibă supape de siguranță;
- rezervoarele de amoniac trebuie ferite de căldură;
- temperatura în sala compresoarelor trebuie să fie între +12 și +35°C;
- nu se admit garnituri de cauciuc sau furtun de cauciuc la umplerea cu amoniac, deoarece se distrug;
- nu se admit decît ventile de oțel laminat sau ventile din fontă, la instalațiile care funcționează cu amoniac;
- în cazul scăpărilor de gaze, dacă instalația se oprește, toate aparatele care au răcire cu apă, se vor goli;
- tuburile de amoniac nu pot fi depozitate în sala compresoarelor sau afară în soare;
- lîngă stația de frig, în exterior, trebuie să existe cutia cu măști și costume speciale contra amoniacului sau a agentului frigorigen, inclusiv filtre de rezervă și o butelie cu oxigen;

Scanned with OKEN Scanner

– piatra de pe condensator este îndepărtată numai sub supravegherea frigotehnicianului, cînd aparatul este scos din circuit;

– să se facă instructaj lunar cu tot personalul de exploatare.

D. INSTALAȚII DE GOLIRE RAPIDĂ

În caz de accidente, este necesară golirea rapidă de la distanță a instalațiilor. Acest lucru se realizează cu ajutorul instalațiilor de evacuare forțată. Tot cu aceste instalații se elimină, în timpul opririlor instalațiilor, produsul pe jumătate prelucrat, la rezervoarele de produse recuperate. Aceste instalații se folosesc atît pentru produse lichide cît și pentru gaze, eliminîndu-se din instalații în caz de pericol.

Instalația de golire rapidă pentru produsele lichide este formată din: ventile de golire cu acțiune de la distanță, instalația de comandă a acestora, conductele de transfer, bazinul de separare, casa de pompe de transfer și rezervoarele de produse recuperate.

Evacuarea produsului se face prin împingerea lui cu ajutorul aburului (de la distribuitorul de abur de incendiu) care-i ia locul. În instalațiile de cracare termică, depunerile de cocs pe tubulatura cuptoarelor fiind mari, intrarea aburului în serpentina de încălzire se face printr-un ventil special de spart cocs.

Ventilele de golire sînt de dimensiuni mari și se găsesc montate pe conductele de transfer a instalației către bazinul de separare. Acționarea lor se face hidraulic de către un circuit de motorină atît la deschidere cît și la închidere, prin instalația de comandă. Pentru siguranță aceste ventile sînt dublate de o comandă mecanică cu roată de manevră, montată pe o tijă lungă de 3 pînă la 6 m care să poată fi acționată manual, în caz de accidente.

Aceste ventile trebuie verificate periodic pentru o siguranță ridicată în exploatare.

Instalația de comandă este constituită dintr-un rezervor, o pompă electrică dublată de una de abur și un panou de comandă pe care se află distribuitorul și colectorul de agent de comandă, precum și ventilele de comandă cu patru căi.

Pompele asigură menținerea distribuitorului sub o presiune de 4 pînă la 6 kgf/cm². Ventilele de comandă conduc lichidul spre ventilele de golire rapidă fie deasupra fie dedesuptul pistonului acestuia. Lichidul aflat în cealaltă parte a pistonului se scurge prin conducta de comandă la ventilul cu patru căi și de aici prin colectorul de ieșire la rezervor.

Dacă se rotește cu 90° ventilul de comandă, se inversează sensul de mișcare a pistonului ventilului de golire rapidă.

Scanned with OKEN Scanner

Distribuitorul se menține sub presiune, fiind prevăzut cu conductă de retur la rezervor, terminată cu o duză de laminare.

Pompele rezervorului și panoul de comandă sînt instalate în exteriorul instalației, astfel încît să poată fi manevrate și în caz de incendiu. Panoul de comandă este prevăzut cu ventilul de comandă ale ventilelor de golire rapidă din întreaga instalație tehnologică, avînd marcate pe ele obiectul comandat cît și pozițiile închis-deschis.

Conductele de transfer au rolul de a face legătura între instalații și bazinul de separare. Ele au diametre mari, sînt izolate și prevăzute cu compensatoare de dilatație (deoarece sînt supuse la șocuri termice deosebite).

Bazinul de separare (fig. 337) are o construcție similară separatoarelor gravitaționale fiind prevăzut cu un condensator de tip coloană cu șicane transversale (care au ca scop răcirea fracțiilor ușoare ale produselor evacuate). Intrarea produselor evacuate se face la partea inferioară a condensatorului, ele scurgîndu-se în bazin printr-o închidere hidraulică. Produsele calde se răcesc pînă aproape de temperatura ambiantă. Produsul este apoi captat prin dispozitive speciale într-un bazin alăturat, de unde pompe de transfer îl trimit la rezervoarele de produse recuperate.

Bazinul are serpentină cu abur pentru accelerarea separării. El trebuie să aibă capacitatea mai mare decît cea mai mare instalație deservită însă nu mai mare decît prevăd normele de tehnica securității muncii.

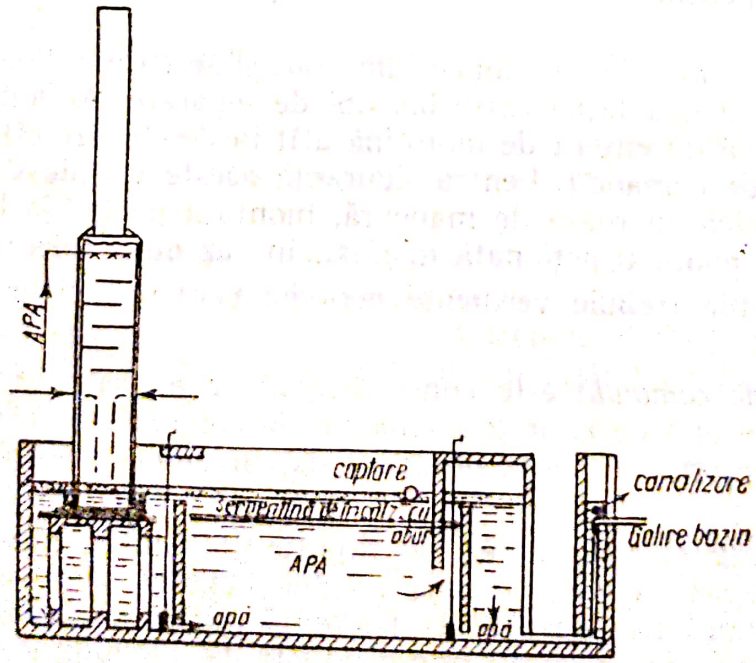


Fig. 337. Bazin pentru recepția produselor evacuate în caz de golire rapidă.

Înălţimea coloanei condensator ca şi numărul de talere şi cantitatea de apă necesară condensării se calculează pe baza capacităţii maximale a separatorului şi pentru temperatura cea mai ridicată din toate instalaţiile deservite.

Curăţirea bazinului este înlesnită prin vana de golire a apei la canalizare.

Pompele de transfer sînt fie electrice, fie cu abur pentru presiuni şi debite medii, legate printr-o claviatură de conducte care fac legătura între diferitele părţi ale instalaţiei de golire rapidă şi instalaţiile tehnologice de prelucrare. Sînt instalate sub un acoperiş metalic sau o platformă a instalaţiilor.

Rezervoarele de produse recuperare sînt plasate la distanţe mari faţă de instalaţiile de prelucrare.

Sînt rezervoare atmosferice de capacităţi medii destinate înmagazinării temporare a produselor recuperate.

Calculul capacităţii lor se face pe baza debitului separatoarelor şi a capacităţii instalaţiei celei mai mari deservite pentru golirea rapidă. Cantitatea de produse depozitate se calculează pentru o perioadă de 15 pînă la 30 zile, în care timp se presupune că pot fi trecute în instalaţiile de prelucrare.

Instalaţia de golire rapidă pentru gaze se compune din instalaţia de comandă, ventilele de golire rapidă şi conductele de transfer care sînt similare instalaţiilor de golire rapidă pentru lichide.

Singura diferenţă constă în faptul că gazele nu se pot înmagazina din cauza volumelor mari şi deci se evacuează în atmosferă. În cazul în care sînt combustibile sînt aprinse la faclă.

Separatoarele de condensat sînt vase obişnuite cu intrarea gazelor şicanată sau centrifugată (fig. 338). Condensatul separat este purjat periodic la rezervorul de produse recuperate. Gazele necondensate merg în opritoarele de flăcări care le conduc la faclă.

Facla este compusă dintr-o conductă verticală de circa 30 m înălţime terminată cu un difuzor pentru aer suplimentar şi prevăzută cu un arzător pentru flacără şi un dispozitiv de aprindere a acesteia. Ele se amplasează la distanţe minime de 100 m faţă de clădiri sau instalaţii învecinate.

Pentru recuperarea eventualului condensat, faclele sînt prevăzute cu cîte un ştuţ de ieşire a condensatului, legat la un puţ de captare.

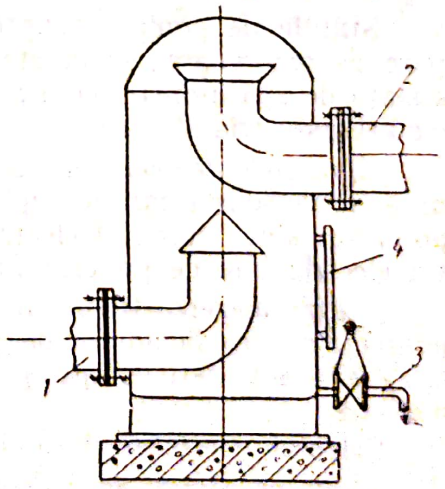


Fig. 338. Separator de condensat:
1 — intrare gaze; 2 — ieşire gaze; 3 — evacuare condensat; 4 — indicator de nivel.

În exploatarea acestor instalații este necesar să se urmărească cu atenție funcționarea separatoarelor de condensat. Trebuie verificat ca să nu se producă antrenări de lichid care apoi să fie azvîrlit arzînd în jurul faclelor, producînd incendierea instalațiilor învecinate.

Calculul capacității de ardere a gazelor evacuate se face pe baza debitului maxim al celei mai mari instalații tehnologice producătoare de gaze combustibile și a vitezei de ieșire a lor din faclă. Pentru debite mari de gaze se preferă instalarea mai multor facle în paralel decît să se proiecteze una cu dimensiuni prea mari, facla neavînd în acest caz suficient aer de combustie în zona centrală.

În proiectare se prevede un difuzor terminal și uneori apărătoare contra stingerii de către vînt.

E. STAȚII DE POMPARE

Stațiile de pompare au rolul de a împinge fluidul în conducta de transport. Ele au un grad diferit de complexitate, care determină utilarea lor diferită, în funcție de rolul pe care-l au și de sursa de energie disponibilă local.

Stațiile de pompare plasate pe conductele principale au construcții complexe pe cînd cele plasate pe conductele auxiliare și cele locale constau dintr-un număr oarecare de agregate de pompare, instalate fie sub acoperișuri special amenajate, fie în clădiri sau barăci, deservite de organele rafinăriei sau a depozitului respectiv.

Stațiile de pompare cuprind : case de pompe cu agregate de pompare ; parc de rezervoare ; conducte interioare și claviaturi ; cazane cu abur ; instalații de apă industrială și potabilă ; instalații pentru combaterea incendiilor ; clădiri industriale anexe.

Agregatele de pompare cuprind pompa propriu-zisă, cu motorul de acționare și transmisia care le cuplează. Sursele de energie folosite pentru acționare pompelor sînt : curentul electric, motoarele termice (Diesel) și aburul. Curentul electric este de preferat fiind mai puțin costisitor.

Pentru alegerea tipului de pompă este necesar să se cunoască : destinația pompei, natura lichidului de pompat, debitul și presiunea manometrică totală, felul acționării pompei și înălțime ade aspirație normală și vacuummetrică maximă.

Calculul debitului și sarcinile pompelor a fost studiat la capitolul IX.

Tipul de motor ales depinde de situația locală a stației de pompare. Dacă există o sursă de energie electrică, se folosesc motoarele electrice. Pentru produsele inflamabile se folosesc motoare electrice capsulate. Motoarele electrice se cuplează direct cu pompele centrifuge, iar la pompele cu piston se

Scanned with OKEN Scanner

foloseşte cuplajul cu curele trapezoidale sau prin reductoare cu roţi dinţate şi legătură rigidă între axul motorului şi axul pompei.

Motorul electric se instalează în aceeaşi încăpere cu pompa, cu excepţia pompelor de benzină cînd se aşază într-o încăpere separată.

În lipsa curentului electric, se recurge la acţionarea pompelor cu ajutorul motoarelor cu ardere internă (Diesel), acestea montîndu-se într-o cameră învecinată, pentru prevenirea unui eventual incendiu.

Numărul de agregate de pompare însumează atît *agregatele active* cît şi pe cele *pasive*. Se recomandă ca toate agregatele instalate să fie de acelaşi tip pentru uşurarea întreţinerii şi a reparaţiilor.

Staţiile de pompare sînt dotate cu un parc de rezervoare de depozitare în legătură cu instalaţiile pe care le deservesc. Distribuţia produselor se face cu ajutorul unei claviaturi pe una sau mai multe conducte.

În afară de conductele de produse chimice şi petroliere, staţiile de pompare mai posedă : reţea de canalizare, conducte de alimentare cu apă, abur, apă condensată, combustibil, reţea de hidranţi de incendiu.

În cazul în care produsele transportate au viscozitatea mare, este necesară încălzirea acestora cu ajutorul unor instalaţii speciale, care ridică temperatura lichidului pompat la o valoare care să-l facă transportabil.

Măsurile principale de prevenire a incendiului constau în :

- respectarea distanţelor între diferitele instalaţii ale staţiei ;
- etanşarea procesului de pompare ;
- ventilaţia permanentă artificială sau naturală ;
- respectarea strictă a regulilor de siguranţă contra incendiilor, în toate împrejurările ;
- canalizarea să funcţioneze bine ;
- utilarea cu instalaţii speciale de stins incendii fixe sau mobile ;
- protecţia instalaţiei de iluminat contra incendiului.

F. TURNURI DE RĂCIRE.

Turnurile de răcire permit răcirea apei care în acest fel se reîntoarce în circuitul de răcire. Principiul constă în răcirea apei prin evaporarea unei părţi din ea în care scop apa se pulverizează cît mai fin într-un contracurent de aer.

Pentru pulverizarea apei, turnurile de răcire sînt prevăzute cu jgheaburi de distribuţie, guri de deversare, discuri de împrăştiere din ceramică şi grătare din lemn de răşinoase.

Scanned with OKEN Scanner

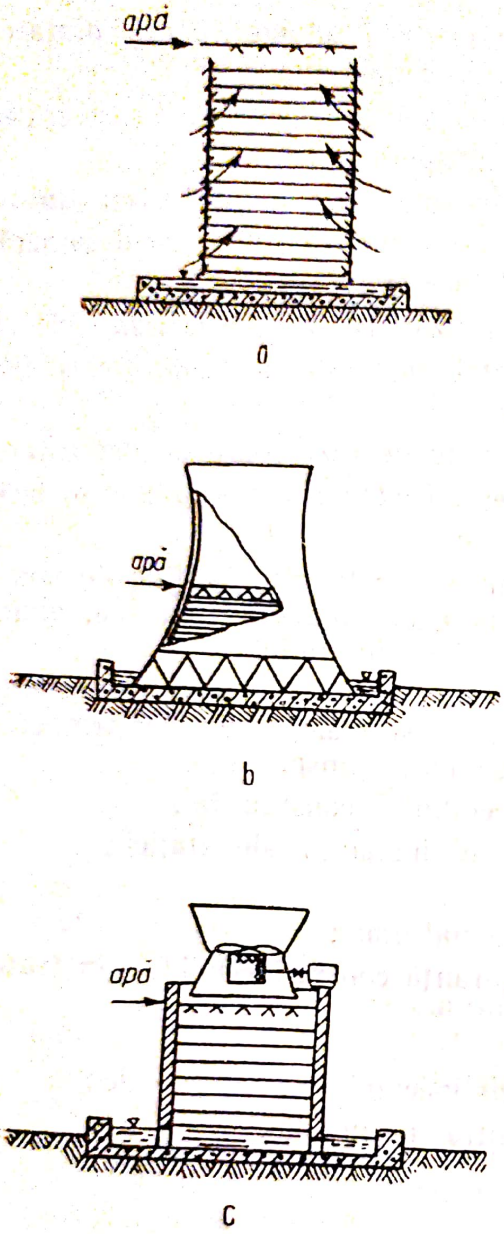


Fig. 339. Turn de răcire.

Captarea apei se realizează într-un bazin inferior din care prin cădere liberă ajunge în bazinele de apă răcită.

După felul curentului de aer de răcire se deosebesc :

— *turnuri deschise* (fig. 339, *a*) prevăzute cu jaluzele de lemn impregnat, permițînd circulația naturală a aerului în toate direcțiile. Prezintă investiții reduse și construcție simplă. Au însă pierderi prin evaporare între 1% și 3% ;

— *turnurile închise* (fig. 339, *b*) au coșuri de tiraj natural amplasate în continuarea umpluturii. Pot fi construite din lemn sau beton armat sub formă de trunchi de piramidă sau hiperboloid de rotație. Tirajul natural realizează un curent de aer, obținîndu-se gradiente termice între 13°C și 15°C cu pierderi de evaporare între 0,5% și 2% ;

— *turnurile cu tiraj artificial* (fig. 339, *c*) au forma paralelipipedică cu secțiune dreptunghiulară. Materialul din care sînt executate poate fi betonul sau schelet de beton cu jaluzele de lemn impregnat. Au ventilatoare axiale amplasate în difuzoare metalice sau de beton armat. Ventilatoarele sînt acționate de motoare electrice cu două turații și au palete cu înclinație variabilă pentru lucru la diferite regimuri termice. Acest tip de turnuri pierde apa prin evaporare între 0,25% și 1% iar gradientul termic este de 20°C. Sînt cele mai utilizate în construcțiile moderne, deoarece se realizează automat modificarea din mers a pasului ventilatorului, în funcție de temperatura de ieșire a apei.

Completarea apei pierdută prin evaporare se face cu ajutorul prizelor din rîuri, lacuri etc., de unde este pompată cu pompe centrifuge sau axiale imersate în puțuri și acționate de la suprafață.

Exploatarea instalațiilor de recirculare a apei, necesită o supraveghere continuă. Pompele, canalele de scurgere, bazinele de captare, separatoarele etc., trebuie curățate de nămol la perioade de 1 pînă la 2 ani. Părțile degradate din interior se înlocuiesc. Ventilatoarele se verifică săptămînal. Coborînd temperatura exterioară este necesar reglajul pasului său să se treacă ventilatorul pe turația inferioară, iarna putînd lucra chiar fără tiraj artificial.

Instalația de recirculare a apei fiind întinsă teritorial pot apare ușor pierderi de apă, din care cauză este necesar să se urmărească periodic debitele pompate în toate punctele mai importante din instalație și apoi să se facă bilanțul de materiale.

G. BAZINE PENTRU CAPTARE ȘI DECANTARE

Întreprinderile industriale folosesc o cantitate enormă de apă, însumînd mii de metri cubi de apă pe oră, necesar care nu poate fi acoperit cu prizele de apă din rîuri, lacuri, puțuri etc. Urmare acestui fapt, 90% din apa de răcire se recirculă după ce a fost răcită.

Instalațiile se compun din *separatoare gravitaționale* care de fapt sînt niște *bazine de captare*, unde apa vine prin cădere liberă și apoi este pompată în instalațiile productive la presiuni cuprinse între 2 și 4 kgf/cm².

Aceste bazine au un volum relativ mic, fiind de fapt un tampon de alimentare a pompelor de împingere la turnurile de răcire. Ele sînt plasate la un nivel mai coborît decît al separatoarelor de la care se alimentează prin cădere liberă. Materialul din care se construiesc, este betonul sclivisit. Vizitarea lor se realizează prin guri de canal și sînt prevăzute pe fund cu vane degolire.

La înălțimea de 200 pînă la 400 mm de la fundul bazinului se află niște sorburi, prin care se face trecerea apei la pompe.

Separatoarele-decantoare gravitaționale servesc la separarea produselor din apele de răcire uzate și la decantarea suspensiilor mecanice (fig. 340). Bazinele sînt legate în serie și sînt prevăzute cu șicane de reținere și filtre mecanice.

Alături de separatoare, se găsesc bazinele de captare a produselor separate, precum și casa de pompe de deservire. Fundul separatorului este amenajat pentru colectarea decantatului și prevăzut cu vane de golire (fig. 341).

Principiul de funcționare se bazează pe separarea pe baza diferențelor de greutate specifică a produselor respective. Decantarea de multe ori nu este suficientă și atunci se utilizează alte mijloace (filtre de coalescență, centrifugarea, deshidratarea pe cale electrică și desemulsionarea chimică).

Scanned with OKEN Scanner

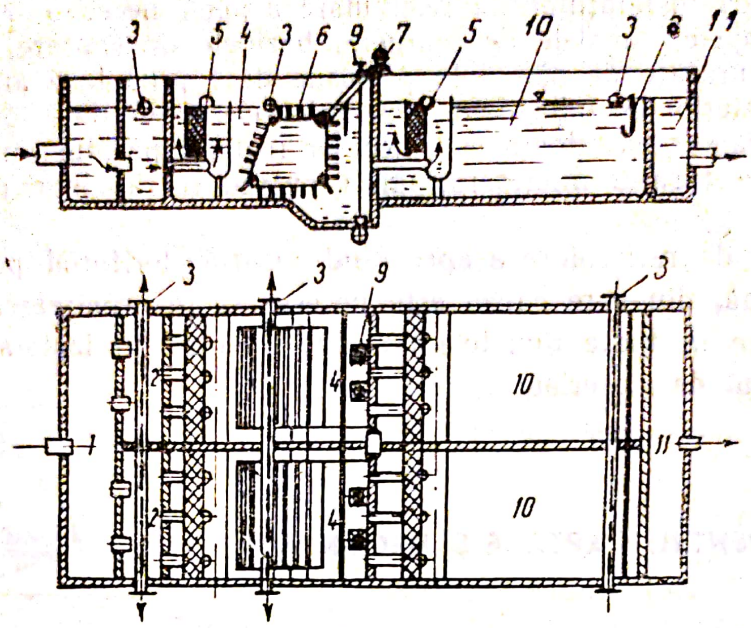


Fig. 340. Separator decantor-gravitaţional:

1 — cameră de intrare ; *2* — camere distribuitoare ; *3* — captator de produs petrolier ; *4* — bazin primar de separare ; *5* — dispozitiv de filtrare ; *6* — raclor ; *7* — motor de acţionare ; *8* — şicană deflectoare ; *9* — vană de fund ; *10* — bazin secundar de separare ; *11* — cameră de ieşire.

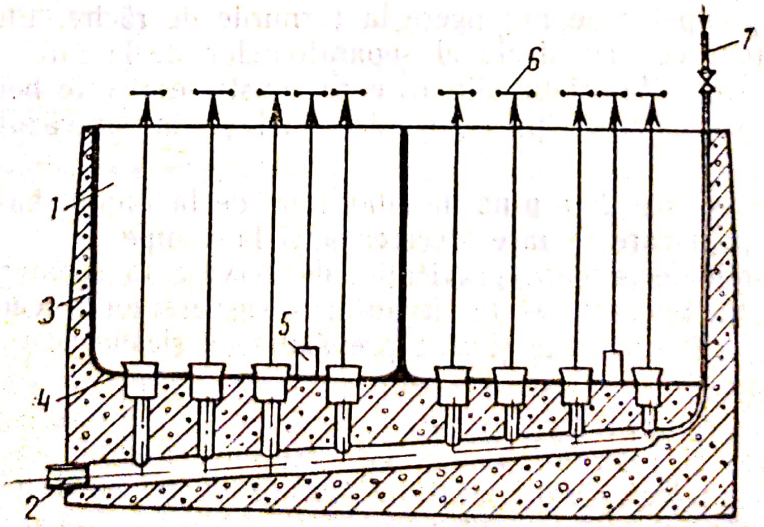


Fig. 341. Vane de evacuare a decantorului:

1 — bazin de separare ; *2* — canal de evacuare ; *3* — căptuşeală hidrofugă ; *4* — vană ; *5* — registru de transvazare ; *6* — comanda vanelor ; *7* — conductă de aer comprimat pentru suflare.

Separatoarele folosite în rafinării sînt construite pe principiul separării gravitaționale și al filtrării. Produsele separate se colectează într-un bazin colector de unde cu pompele sînt trimise la rezervoarele de produse recuperate.

Evitarea accidentelor la decantoare, se realizează prin construirea balustradelor. Rețeaua de canalizare din interiorul stațiilor trebuie acoperită cu tablă striată.

Curățirea decantoarelor se face periodic din cauza impurităților care se depun continuu pe fund.

Rezervorul care trebuie curățit se golește și apoi se blindează, se aburește și se aerisește. Lucrul în interior este permis numai după ce s-a luat o probă de aer din el și s-a analizat.

O dată cu curățarea acestor instalații se fac unele revizii și reparații necesare bunei funcționări.

H. REȚELE DE HIDRANȚI.

Sursa de apă pentru stingerea incendiului în întreprinderi este hidrantul de incendiu. Hidranții de incendiu sînt de mai multe categorii, construcția lor fiind standardizată.

Hidrantul se alimentează fie de la rețeaua de apă potabilă a întreprinderii, fie de la rețeaua de apă industrială.

De fapt hidrantul este o armătură de închidere care permite legarea la conducta sub presiune a furtunurilor cu debit mare pentru distribuirea apei în scopul stingerii incendiilor etc. Legarea se face fie direct, fie prin intermediul unor piese de legătură, cum sînt gîtul de lebădă sau țeava cu cot.

După locul de montare pot fi *hidranți de interior* și *hidranți de exterior*.

Hidrantul de interior (fig. 342) se așază în interiorul clădirilor și de obicei este format dintr-un robinet cu supapă-disc, cu filet exterior pentru legarea la conducta de apă și cu un racord fix cu gheare, pentru furtun. În mod curent robinetul se montează în grosimea zidurilor interioare, împreună cu furtunul, racordurile mobile și țeava de refulare.

Hidrantul de exterior (fig. 343) se așază pe căile de circulație și este construit dintr-un robinet cu supapă-disc, un corp vertical, o tijă de prelungire a tijei robinetului *1* pînă la trei guri de racorduri pentru furtun etc. Acest tip de hidrant este echipat cu dispozitiv de golire care poate fi cu acționare manuală sau automată.

Hidranții de exterior pot fi *subterani* sau *supraterani* după cum extremitatea prelungirii tijei de acționare și racordurile pentru furtun sînt sub nivelul terenului sau deasupra lui.

Scanned with OKEN Scanner

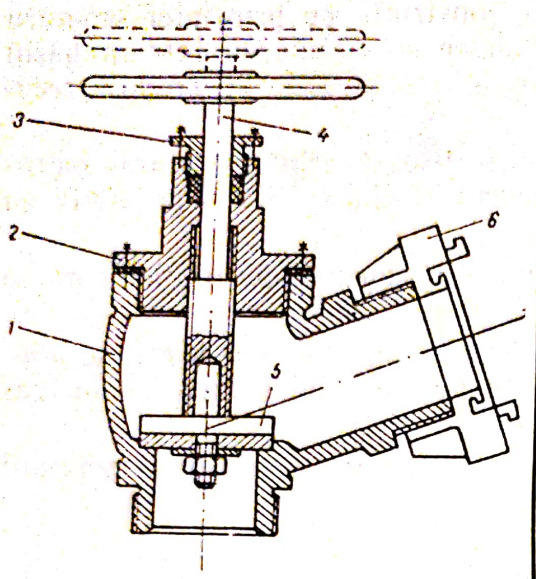


Fig. 342. Hidrant de interior:
1 — corp ; *2* — capac ; *3* — piulița cutiei de etanșare ; *4* — tijă ; *5* — supapă cu garnitură ; *6* — racord fix cu gheare.

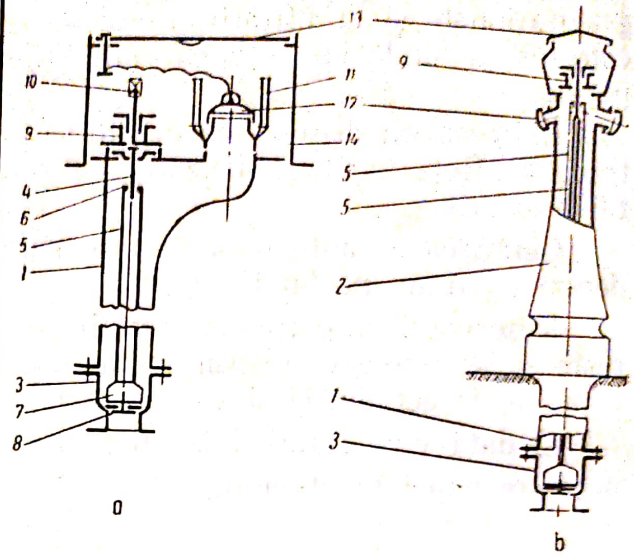


Fig. 343. Hidranți de exterior:
a — hidrant subteran ; *b* — hidrant de suprafață (suprateran) ; *1* — corpul subteran ; *2* — corpul suprateran ; *3* — cutia supapei ; *4* — tija supapei ; *5* — prelungirea tijei ; *5'* — țeavă de protecție a tijei ; *6* — piuliță ; *7* — supapă ; *8* — scaunul supapei ; *9* — cutie de etanșare ; *10* — capul protector al tijei ; *11* — racord cu gheare ; *11'* — piesă de racordare ; *12* — capacul racordului ; *13* — capacul hidrantului ; *14* — cutia de protecție cu capac.

Hidrantul portativ este format dintr-o țeavă (de obicei de alamă) care are la extremitatea inferioară un racord cu gheare pentru hidrant și la cealaltă extremitate un filet sau o presgarnitură pentru asamblarea cu un cot dublu sau simplu echipat cu racorduri cu gheare la extremitate, sau cu o piesă fasonată în formă de Y, care constituie corpul comun a două robinete cu supapă, echipate de asemenea cu racorduri cu gheare, pentru furtun. De fapt termenul de hidrant este impropriu folosit în acest caz.

I. NORME TEHNICE DE PROTECȚIA MUNCII

Aceste norme constituie legi care trebuie respectate în exploatarea instalațiilor anexe, ele evitînd pericolul avariilor și al accidentelor umane. Fiecare muncitor, tehnician sau inginer dintr-o întreprindere este obligat să cunoască și să-și conducă activitatea în funcție de ele.

Normele de tehnică a securității muncii sînt specifice fiecărei instalații și sînt stabilite în funcție de procesul tehnologic, parametrii funcționali și pericolul de inflamabilitate sau explozie al diferitelor produse chimice și petroliere.

Aceste norme au fost indicate la fiecare instalație în parte, cînd s-a vorbit de întreținerea și exploatarea lor.

Scanned with OKEN Scanner

Întrebări recapitulative

1. Ce sînt instalațiile anexe ?
2. Cum se realizează alimentarea cu apă a unei întreprinderi ?
3. Cum se face alimentarea cu abur a instalațiilor ?
4. Ce măsuri trebuie luate pentru buna deservire a instalațiilor de alimentare cu abur ?
5. Cum se clasifică instalațiile electrice utilizate într-o unitate industrială ?
6. Cum se face distribuția energiei electrice la tensiune joasă ?
7. Cînd se utilizează distribuția energiei electrice la tensiune înaltă ?
8. Ce măsuri de protecția muncii se iau la exploatarea instalațiilor electrice ?
9. Pe ce principiu se bazează producerea frigului ?
10. Cum se face exploatarea rațională a instalațiilor de produs frigul ?
11. Ce măsuri de protecția muncii trebuie luate în vederea evitării accidentelor la instalațiile pentru producerea frigului ?
12. Din ce se compun instalațiile de golire rapidă pentru lichide ?
13. Ce știți despre instalația de golire rapidă pentru gaze ?
14. De cîte feluri sînt turnurile de răcire ?
15. Ce rol au bazinele de captare și decantare ?
16. Ce sînt rețelele de hidranți și la ce folosesc ?
17. Ce măsuri de protecția muncii se iau pentru evitarea accidentelor la instalațiile de golire rapidă, turnuri de răcire și stații de pompare ?

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul XVIII PROTECȚIA ANTICOROSIVA A UTILAJELOR

A. GENERALITĂȚI

Procesul de degradare a suprafețelor metalelor poartă numele de *coroziune*. Tendința metalelor de a da combinații în mod spontan cu elementele sau compușii chimici din mediul exterior (oxigen, gaze, vapori de apă, topituri, soluții apoase), poate duce de la formarea unui film superficial, uneori invizibil, pînă la atacul în profunzime.

Coroziunea duce la distrugerea metalului sub acțiunea chimică sau electrochimică a mediului înconjurător și este un proces eterogen care se petrece la suprafața de separare a fazelor metal-mediu.

În general metalele au structură cristalină *anizotropă*, adică cristalele lor nu au aceleași proprietăți în toate direcțiile.

Prezența în rețeaua cristalină a diferiților compuși (adaosuri sau impurități), precum și deformările mecanice, conduc la schimbarea poziției atomilor în rețea și implicit la deformări ale rețelei cristaline. În acest fel se modifică omogenitatea suprafeței metalului, creînd zone cu putere de absorbție diferită, indiferent de gradul de prelucrare mecanică.

Coroziunea chimică reprezintă coroziunea metalelor neînsoțită de apariția curentului electric. Apare în special la metalele care sînt în contact cu gaze industriale la temperaturi ridicate sau cu lichide care nu conduc curentul electric (soluțiile organice sau soluțiile substanțelor anorganice în solvenți organici).

În acest caz se produce o reacție directă între mediul agresiv și metal, caracterizată prin faptul că produsele de coroziune rămîn pe suprafața metalului și anume chiar pe locul contactului dintre acestea.

Peliculele care se formează, sînt mai mult sau mai puțin protectoare și mărimea lor depinde de posibilitatea difuzării agentului corosiv prin peliculă.

Coroziunea electrochimică este coroziunea metalelor în care apare curentul electric. Se întîlnește n cazul oxidării metalelor la temperatura normală, precum și la coroziunea în soluții de acizi, baze, săruri. Acest fenomen se petrece la contactul dintre metal și diferiți electroliți, soluții de electroliți etc.

La coroziunea electrochimică se petrec două procese simultan :

— de oxidare (dizolvarea metalului) ;

Scanned with OKEN Scanner

– de reducere (degajarea hidrogenului, reducerea oxigenului, separarea metalului din soluție etc.).

După aspectul suprafeței, coroziunea poate fi *continuă* sau *locală*. Coroziunea continuă este și uniformă. În acest caz fenomenul se petrece în mod uniform pe toată suprafața metalului, la aceeași adîncime. Dacă vitezele de atac sînt diferite, metalul se corodează neuniform și apare o coroziune *locală*, care este foarte periculoasă.

Rezistența la coroziune a metalelor este diferită pentru diferite medii agresive și poate rezulta prin determinarea vitezei de coroziune, a variației proprietăților mecanice, electrice etc.

Coeficientul de greutate al vitezei coroziunii, K^- se exprimă în g/m²h sau mg/dm². zi și se obține din relația:

$$K^- = \frac{\Delta g}{s \cdot t},$$

în care:

Δ_g este variația greutății datorită coroziunii;

s – suprafața probei;

t – timpul de expunere (durata coroziunii).

Coroziunea este influențată de o serie de factori ca: tensionarea, aerarea, concentrația, temperatura, timpul, mișcarea, calitatea materialului etc. după cum urmează:

Tensionarea. Sub acțiunea *tensiunilor interne*, unele metale în contact cu anumite medii, care altfel nu ar fi corosive, se corodează. Coroziunea crește cînd metalele sînt supuse în același timp acțiunii solicitărilor mecanice variabile și acțiunii mediului agresiv. Acest fenomen poartă numele de *oboseală la coroziune.*

Aerarea. Este important să se țină seama de elementul de concentrație cu oxigen, deoarece porțiuni elementare diferite ale electrolitului conțin cantități diferite de oxigen dizolvat. Porțiunea unde oxigenul acționează intens, se acoperă cu o peliculă protectoare, devenind catod. Coroziunea se produce pe porțiunea unde oxigenul nu are acces. Acest gen de coroziune, care crește cu cît diferența de concentrație a oxigenului este mai mare între cele două zone, apare la îmbinările nituite, în porțiunile zgîriate și unde accesul unei noi cantități de oxigen este greoi.

Concentrația mediului corosiv. Pereții vasului vin în contact cu soluții de diferite concentrații, în cazul dizolvării simultane a două sau mai multe substanțe. În acest caz, temperatura diferită din diversele zone ale lichidului și neuniformitatea vitezei de mișcare în diferitele puncte ale aparatului duc la diferențe de potențial și deci la coroziune.

Temperatura. Cu cît este mai mare temperatura, cu atît crește coroziunea metalelor.

Mișcarea lichidului dacă este accelerată, se produce mărirea agresivității prin distrugerea peliculei de pe suprafața metalului.

Calitatea materialelor. Natura fizico-chimică diferită a materialelor în contact este de asemenea o cauză de producere a coroziunii. De aceea se aleg materiale apropiate din punct de vedere al potenţialului de electrod.

Procedeele utilizate pentru evitarea sau încetinirea coroziunii sînt diferite şi se clasifică în mai multe părţi după cum urmează :

B. PROTECŢIA PRIN CĂPTUŞIRE.

Utilajele existente în întreprinderile din industria chimică şi de rafinării sînt executate din diferite materiale metalice rezistente la coroziune. În continuare va fi tratată acoperirea utilajelor executate din oţel sau din fontă cu materiale metalice rezistente la coroziune.

Metoda de acoperire a suprafeţelor de oţel sau de fontă cu metal topit se bazează pe proprietatea metalelor de a se dizolva unul într-altul. Pentru acoperire se folosesc în mod frecvent, metale uşor fuzibile : zinc, staniu, plumb, cadmiu.

Plumbuirea omogenă este metoda utilizată frecvent în industria chimică.

Plumbuirea se poate realiza în două variante :

— suprafaţa de oţel să fie acoperită în prealabil cu staniu şi apoi cu plumb topit (deoarece plumbul topit nu se aliază cu oţelul), operaţie care poartă numele de cositorire ;

— plumbul se aliază cu 3—5% staniu şi apoi se execută plumbuirea fără cositorire prealabilă.

Pentru realizarea în bune condiţii a cositoririi prealabile este necesară o curăţire a suprafeţei metalice, pînă la luciu metalic cu : flacăra oxiacetilenică, frecare cu peria de sîrmă, sablare, decapare la cald cu o soluţie de acid sulfuric sau clorhidric de 28 pînă la 40°Be.

Cositorirea se execută cu un amestec de clorură de amoniu şi pulbere de aliaj staniu-plumb (50%Sn+50% Pb). Peste peretele metalic încălzit pe porţiuni la temperatura de topire a aliajului se trece acid clorhidric în care s-a dizolvat zinc apoi se presară pulberea de aliaj şi se freacă cu cîlţi pînă se obţine un strat continuu.

Urmează apoi plumbuirea care se realizează prin topirea simultană a vergelelor de plumb şi stratului de staniu, cu un arzător corespunzător. Arzătorul utilizat este indicat să funcţioneze cu hidrogen, metan sau aragaz drept carburant şi cu oxigen drept carburant.

Straturile cu grosimea pînă la 4 mm se realizează dintr-o singură topitură, iar cele cu grosimea peste 4 mm, din două sau trei topituri.

Verificarea acoperirii cu metal topit se execută prin ciocănire, urmărind sunetul. Porţiunile care au defecte prezintă un sunet neclar. De asemenea

se execută sondaje prin topire. Aceasta reprezintă de fapt verificarea aderenţei. Tot în cadrul acestei probleme se verifică grosimea stratului de acoperire, precum şi prezenţa porilor şi a fisurilor.

Căptuşirea cu foi metalice din materiale rezistente la coroziune se utilizează în special la recipiente sub presiune şi se limitează la căptuşirea cu foi de plumb, de oţel inoxidabil sau metal *monel.*

Acest procedeu se aplică fie:

– din considerente economice (materialele de protecţie sînt mult mai scumpe decît oţelul de construcţie);

– din cauza caracteristicilor mecanice scăzute ale unor metale (aluminiu, plumb) care nu rezistă la presiuni ridicate şi care impun prezenţa unui suport de oţel.

Această metodă de protecţie nu se aplică recipientelor care servesc şi a transmiterea căldurii, deoarece stratul de aer care se află între căptuşeală şi peretele metalic protejat, formează un strat izolator, care reduce conductibilitatea termică.

Căptuşirea cu foi metalice trebuie să asigure:

– posibilitatea îmbinării prin sudare a elementelor care o alcătuiesc;

– posibilitatea de fixare a căptuşelii de peretele utilajului.

Căptuşirea cu tablă de plumb se realizează îmbinînd elementele respective prin sudare cu flacără (oxiacetilenică, oxihidrică etc.).

Suprafeţele de contact se curăţă de stratul de oxid de plumb şi apoi se realizează îmbinarea fie prin suprapunere, fie cap la cap, în funcţie de grosimea tablelor.

Trebuie evitată oxidarea şi de aceea se sudează cu viteze mari.

Înainte de sudare, tablele se prind prin puncte de sudură la intervale de 150–200 mm şi nu se începe operaţia pînă cînd nu se verifică poziţia corectă a acestora.

Plumbul are proprietăţi mecanice reduse, din care cauză căptuşeala trebuie prinsă pe peretele vasului cu şuruburi şi rondele speciale sudate de peretele recipientului şi acoperite de discuri de protecţie din tablă de plumb.

Căptuşirea racordurilor, flanşelor sau capacelor de recipiente se execută după cum rezultă din figurile 344 şi 345.

În cazul în care recipientele funcţionează sub presiune, se face proba de control, se dau găurile de control cu diametrul de 3–4 mm în mantaua sau fundul recipientului metalic şi numai după aceea se trece la căptuşire.

În cazul folosirii tablelor din oţel inoxidabil sau din metal monel, sînt utilizaţi pentru îmbinare electrozi de compoziţie specială. Operaţiile premergătoare căptuşirii, precum şi sudarea fiind asemănătoare celorlalte tipuri de acoperiri.

Tablele se pot aplica şi sub formă de căptuşeală prefabricată. Înainte de a fi îndoită, virola se acoperă cu căptuşeala care trebuie să fie mai mică decît marginile muchiilor ei prelucrate, cu 6–7 mm.

Scanned with OKEN Scanner

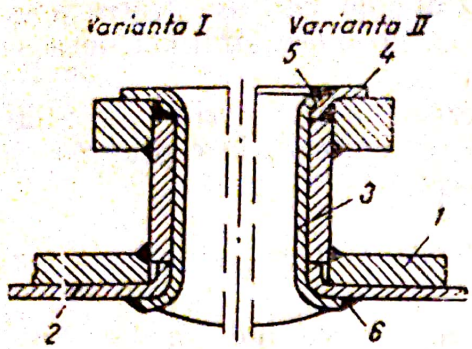


Fig. 344. Prinderea căptușelii de plumb la racordări:

1 — peretele recipientului; *2* — căptușeala peretelui; *3* — căptușeala racordului; *4* — adaos la căptușeala racordului; *5* — sudură între *3* și *4*; *6* — sudură între *3* și *2*.

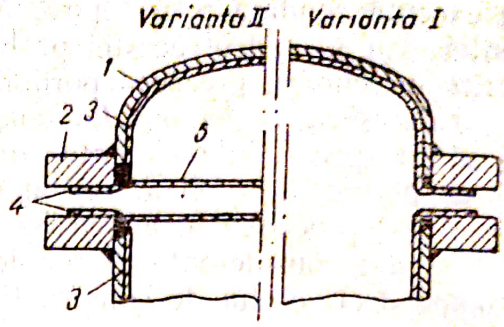


Fig. 345. Racordarea căptușelii la ișele capacului și mantalei:

1 — peretele capacului; *2* — flanșa capacului; *3* — căptușeala capacului sau mantalei; *4* — adaos de căptușeală peste flanșe; *5* — sudură între *3* și *4*.

Căptușeala se fixează pe virolă prin sudare automată sub flux, cu sîrmă din oțel aliat 25% Cr, 20% Ni. Adîncimea de pătrundere trebuie să depășească grosimea căptușelii și să pătrundă 2—3 mm în grosimea virolei.

După sudarea materialul de bază, spațiul dintre marginile căptușelii, se acoperă cu două straturi suprapuse, folosindu-se electrozi aliați corespunzători sau același material ca și căptușeala.

Urmează apoi încercarea de etanșeitate și încercarea hidraulică. Nu se admit tratamente termice după operația de căptușire.

Se mai utilizează împotriva coroziunii table din oțel-carbon de calitate similară mărcilor OL 37 și OL 42 calitatea AB, cu grosimea de 10 mm, placate cu un strat de protecție de cîțiva milimetri de oțel aliat sau din metal monel, care se îmbină prin sudare pe o parte sau pe două părți în funcție de grosimea lor, cu electrozi corespunzători sau folosindu-se fîșii de tablă din același material ca stratul de protecție.

După execuție, utilajele dacă este cazul, se supun la încercarea hidraulică la presiune și la celelalte încercări prescrise. Nici aici nu sînt admise tratamente termice după efectuarea îmbinărilor sudate.

C. PROTECȚIA PRIN CAUCIUCARE

Acest procedeu constă în acoperirea suprafeței metalice de protejat cu unul sau mai multe straturi de cauciuc sau ebonită, care apoi se vulcanizează. Se pot folosi și acoperiri combinate din cauciuc și substrat de ebonită. Alegerea tipului de acoperire se face în funcție de condițiile de exploatare.

Scanned with OKEN Scanner

De exemplu pentru lichidele care conţin suspensii se foloseşte cauciucul moale, iar pentru cele pure, se foloseşte ebonita.

Grosimea căptuşelii variază între 2 şi 10 mm şi depinde de condiţiile de exploatare.

Cauciucarea se aplică în condiţii bune pe suprafeţe metalice din oţel, staniu, zinc şi crom. Cuprul, plumbul şi aluminiul au o acţiune dăunătoare asupra straturilor de cauciuc, accelerînd îmbătrînirea.

Cauciucul aderă cel mai bine pe suprafeţe de alamă cu 30% zinc. Nu se recomandă cauciucarea suprafeţelor din oţel turnat sau fontă, datorită porilor şi incluziunilor pe care le au.

Suprafeţele destinate cauciucării trebuie curăţate prin:

— sablare urmată de suflare cu aer;

— decapare cu soluţie de acid sulfuric, spălare cu apă, neutralizare cu soluţie de sodă, spălare cu apă etc.;

— ardere cu flacără oxiacetilenică, curăţire cu peria de sîrmă şi îndepărtarea prafului cu cîrpe.

După curăţire, suprafaţa se spală cu benzină, se usucă 30 min şi se supune cauciucării.

Pentru lipirea foilor de cauciuc moale, semiebonită şi ebonită, care se livrează cu grosimi de 0,5—2 mm, lăţimi de 800 la 1 100 mm şi lungimi de 5 m, se utilizează *clei de cauciuc*. Acesta se obţine prin dizolvarea cauciucului în benzină curată în proporţie de 1 : 8 pînă la 1 : 12, în malaxoare speciale pentru cleiuri.

Dacă este necesară mărirea grosimii învelişului de cauciuc, foile de cauciuc se lipesc între ele cu clei, înainte de a fi aplicate pe recipent.

Aplicarea foilor de cauciuc se face pe suprafaţa pregătită cum s-a arătat mai sus, acoperind-o mai întîi cu trei straturi de clei de cauciuc. Fiecare, din primele două straturi, este lăsat să se usuce 40—60 min, iar ultimul pînă la 3 h. După 1 pînă la 1,5 h de la aplicarea ultimului strat de clei, suprafaţa se acoperă cu o pînză curată, pentru a fi ferită de murdărie. Apoi se croieşte şi se ajustează foile de cauciuc şi se desprinde treptat pînza de protecţie şi se presează foaia peste stratul de clei.

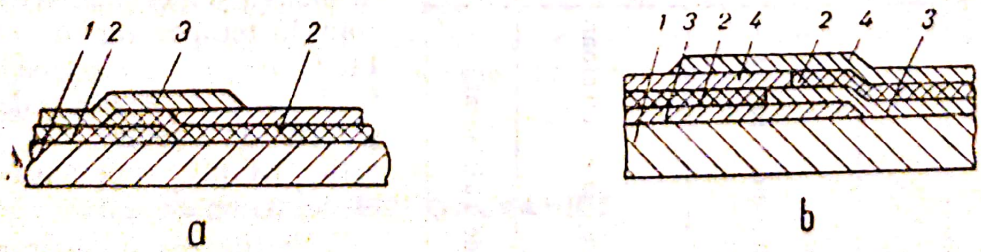


Fig. 346. Îmbinarea foilor la căptuşirea cu cauciuc:
a — în două straturi; *b* — în trei straturi; *1* — peretele metalic; *2* — strat de ebonită; *3* şi *4* — straturi de cauciuc.

Tabela 18

Tipuri de căptușire cu cauciuc

Recipientul			Căptușeala		
Tip	Dimensiuni m		Compunere căptușelii	Grosimea totală mm	Modul de vulcanizare
Recipiente, montejusuri	Diametru: 0,5—2 Lungime: 1,1—3		Cauciuc cu substrat de ebonită	4—5	Închis
			Cauciuc cu substrat de semiebonită	2—4	
Rezervoare, vase, colectoare	Nelimitate		Cauciuc cu substrat de ebonită	4—5	Deschis
			Cauciuc moale	4	
			Strat triplu: cauciuc-ebonită-cauciuc	6,5	
Cisterne de cale ferată	Diametru: 2,2—2,8 Lungime: 6—9		Cauciuc cu substrat de ebonită	4—5	Închis

Foaia de cauciuc se presează cu o rolă lată și apoi cu una îngustă, avînd grijă să nu rămînă bule de aer care se dilată în timpul vulcanizării sau mai tîrziu în timpul exploatării.

În cazul în care se face acoperirea în două straturi se procedează ca în figura 346, *a*. Se va avea în vedere ca la îmbinare, atît marginile foii de ebonită, cît și a celei de cauciuc să se suprapună. După așezarea stratului de ebonită se acoperă cu clei și se lasă să se usuce și apoi se aplică stratul de cauciuc.

Dacă se acoperă în trei straturi, se procedează ca în figura 346, *b*. Primul strat este de cauciuc moale, al doilea de ebonită și al treilea tot de cauciuc moale. Modul de suprapunere a straturilor reiese din figură.

În tabela 18 sînt indicate tipurile frecvente de căptușire cu cauciuc.

După acoperire se continuă cu *vulcanizarea* care constă în încălzirea și menținerea cauciucului la temperaturi de 140... 145°C pentru realizarea legăturii între moleculele de sulf și cele de cauciuc; se obțin astfel calități superioare cauciucului nevulcanizat.

Verificarea și repararea acoperirii cu cauciuc se realizează prin următoarele operații:

Scanned with OKEN Scanner

– verificarea aderenței prin ciocănire cu un ciocan de lemn, în caz de nesiguranță cu privire la calitatea aderenței, se încălzește local vasul și se observă dacă nu se formează pungi sau băşici ;
– verificarea durității cu aparatul Shore ;
– repetarea încercării hidraulice de presiune.

În cazul cînd sînt defecte ale căptușelii de cauciuc, se separă tăindu-se o gaură conică în porțiunea defectă a învelișului și procedîndu-se ca la cauciucarea inițială.

În timpul exploatării utilajelor protejate prin cauciucare se va evita căderea sculelor pe suprafața cauciucată, personalul de deservire va purta încălțăminte de cauciuc sau de pîslă. Nu se vor utiliza unelte din materiale dure. Învelișul de ebonită trebuie ferit de variații de temperatură. Nu se fac reparații care necesită încălzirea cu foc, cînd pe cealaltă față se căptușește cu cauciuc. Defecțiunile care apar trebuie reparate imediat, pentru evitarea distrugerii totale a recipientului.

D. PROTECȚIA PRIN METALIZARE (PULVERIZARE)

Pentru protecția suprafețelor care vin în contact cu substanțele corosive, se aplică și metoda metalizării cu metale rezistente la coroziune. Operația este asemănătoare cu metalizarea pieselor uzate, cu deosebirea că se aplică pe materiale înainte de a fi utilizate.

Pentru realizarea unui strat de protecție corespunzător, suprafața care trebuie protejată se curăță de orice urme de oxizi și grăsimi și se înăspreşte prin sablare. Metalizarea se va realiza numai pe suprafețe proaspăt curățate.

Aderența se îmbunătățește dacă suprafața care urmează a fi metalizată, se încălzește, în timpul operației, la temperaturi între 100 și 250°C.

Materialele utilizate pentru metalizare sînt în special : zincul, aluminiul, cuprul și aliajele sale, magneziul și aliajele sale, oțelurile aliate rezistente la coroziune etc.

Dacă în timpul exploatării apar defecte ale sistemului metalic de protecție, se demontează vasul respectiv, se curăță porțiunea defectă, se separă și se procedează la acoperirea ei prin pulverizare, ca și la acoperirea inițială.

E. PROTECȚIA PRIN ACOPERIRI GALVANICE

Această metodă este utilizată în cazul protecției anticorosive a utilajelor și pieselor cu dimensiuni reduse.

Galvanizarea este operația de depunere pe suprafața piesei, pe cale electrolitică, a unui strat subțire de metal protector. După ce suprafața a fost

bine curățită și decapată, piesa sau utilajul (în cazul în care este de dimensiuni reduse), se introduce în baia de galvanizare. Aceasta este un vas care conține o soluție ce se compune printre altele dintr-o sare a metalului protector.

Băile sînt executate din materiale rezistente la acțiunea corosivă a electrolitului sau se căptușesc cu material de protecție.

Capacitatea de lucru a unei băi este determinată de mărimea băii, de regimul de lucru al electrolitului folosit și de grosimea depunerii care trebuie obținută (variază între 100 și 5 000 *l*).

Pentru a obține depuneri de calitate superioară, cu electroliți moderni, este necesar ca băile de galvanizare să dispună de instalații anexe de agitare a electrolitului, de încălzire, de mișcare a barelor catodice, de filtrare continuă a electrolitului etc.

Pentru o producție de serie mai mare sînt utilizate instalații automate.

Pentru protejarea pieselor prin acoperiri galvanice, acestea se leagă la polul negativ al unei surse de curent electric. Polul pozitiv este o placă din metalul protector. La trecerea curentului electric prin soluție, sarea metalului protector se descompune și metalul în stare născîndă se depune pe piesele de protejat. În același timp anodul se dizolvă regenerînd soluția. În galvanizare se folosește curent continuu de joasă tensiune (6 pînă la 12 V) și de intensitate relativ mare.

De cele mai multe ori, acoperirile se fac cu: Cu, Ni, Zn, Sn, Pb, Au Ag etc. Uneori metalul depus nu aderă direct la piesa respectivă, ci este necesar să se facă mai multe depuneri succesive de metale diferite. Astfel la acoperirile cu nichel se face mai întîi o acoperire cu cupru, urmată de cea cu nichel. În cazul cromului, trebuie depus întîi cupru, apoi nichel și numai după aceea crom. Grosimea straturilor depuse este de ordinul sutimilor de milimetru.

Zincarea capătă o răspîndire din ce în ce mai largă din cauza prețului redus al zincului, precum și al rezistenței satisfăcătoare la coroziune într-un climat temperat continental și al aspectului mulțumitor. Acoperirile de zinc constituie un strat de protecție electrochimică, stratul de zinc corodîndu-se înaintea metalului respectiv.

Depunerile de zinc se obțin din electroliți acizi, cianurici sau alcalini. Se obține o protecție de calitate superioară prin pasivizarea depunerii de zinc.

Fazele procesului tehnologic de zincare sînt: degresare cu solvenți organici, degresare în soluție alcalină, spălare de două ori în apă caldă, montare pe suporturi, degresare electrochimică, spălare în apă, decapare în soluție de acid sulfuric sau soluție de acid clorhidric, tratare în acid azotic concentrat, spălare în apă rece curgătoare, neutralizare în soluție alcalină, zincare, spălare în recuperator, spălare în apă rece, pasivizare, spălare în apă rece, apă caldă, uscare.

Scanned with OKEN Scanner

Cadmierea nu prezintă un avantaj deosebit faţă de zincare însă în climat tropical şi maritim metalele acoperite cu cadmiu sînt mai rezistente la coroziune.

Cuprarea este foarte importantă în lupta împotriva coroziunii nu atît prin stratul de cupru depus, ci prin faptul că el este intermediar pentru depunerea ulterioară a nichelului.

Pentru cuprare se folosesc cel mai adesea electroliţi acizi şi cianurici.

Nichelarea este depunerea cu cea mai largă utilizare în galvanotehnică. Avantajele nichelării sînt : aspectul plăcut, rezistenţa la coroziune atmosferică şi faţă de unii agenţi chimici precum şi duritatea depunerii.

Pentru a se mări rezistenţa la coroziune a acoperirii cu nichel peste ea se depune un strat de crom. Depunerea nichelului se face din electroliţi pe baza de sulfat şi clorură de nichel.

Cromarea este o acoperire galvanică relativ recentă, de mare utilizare, datorită proprietăţilor fizice şi chimice ale cromului depus. Cromul asigură rezistenţa la coroziunea atmosferică. Dacă utilajele trebuie să reziste în atmosfera laboratoarelor chimice sau în atmosfera din industria chimică etc., se utilizează acoperirea nichel-crom sau cupru-nichel-crom. Un avantaj important al cromării este că după uzarea stratului de crom, acesta poate fi înlăturat şi înlocuit cu un strat nou. Principalul component al electroliţilor de cromare este anhidrida cromică CrO_3 în prezenţa acidului sulfuric, florhidric etc.

Stanarea este un procedeu folosit datorită proprietăţilor staniului : rezistenţă chimică faţă de acizii organici, lipsa de toxicitate a sărurilor sale etc. Se realizează din soluţii acide sau alcaline atît pentru stanarea tablelor cît şi a sîrmelor.

Depunerea aliajelor capătă o utilizare tot mai mare datorită posibilităţilor de a obţine proprietăţi foarte variate în funcţie de compoziţia lor. Totuşi extinderea lor este limitată de dificultăţile tehnologice întîmpinate în practică.

Astfel de depuneri sînt : alămirea, depunerea de bronz etc.

Verificarea acoperirilor galvanice se face din punct de vedere al aspectului, al aderenţei, al porozităţii şi al grosimii stratului depus. În cazul în care utilajele funcţionează în condiţii speciale se verifică : duritatea, uzura, comportarea la coroziune, rezistenţa la substanţe chimice, ceaţă salină etc.

F. PROTECŢIA PRIN ACOPERIRI CU MATERIALE PLASTICE

Acest sistem de căptuşire anticorosivă este în funcţie de :
- modul de prindere al foilor de peretele metalic ;
- modul de îmbinare al foilor între ele ;

– modul de finisare a acoperirii de protecție ca să reziste mai bine la coroziune.

Cel mai utilizat procedeu de acoperire este cel cu *foi de viniplast*. Viniplastul rezultă din plastificarea termică la temperatura de 160–180°C, a rășinii *perclorvinilice* cu adaos de *plastifianți* (stearină, ulei de transformator) și *stabilizatori* (săruri de sodiu, calciu, plumb etc.). Poate fi prezent sub formă de foi, pelicule și țevi.

Fixarea peliculelor de viniplast cu grosimea de 0,3–1 mm de pereții metalici ai utilajelor se face prin încleiere. Se urmărește ca suprafața de protejat să fie netedă și fără defecte, să nu aibă muchiile ascuțite și îmbinările sudate, să nu fie executate prin suprapunere.

La acoperire cu foi de viniplast cu grosimi de peste 3 mm, nu se face o pregătire deosebită, ci numai o curățire cu perii de sîrmă și efectuarea găurilor pentru șuruburile de prindere.

Acoperirea cu pelicula de viniplast cu grosimi sub 1 mm se face astfel: suprafața metalică se pulverizează cu trei straturi de *clei de rășină perclorvinilică*, apoi pelicula respectivă se croiește după profilul utilajului, se freacă cu clorură de metilen sau cu acetonă, se acoperă cu clei alcătuit din 20% rășină perclorvinilică și 80% acetonă sau diclor-etan și se usucă timp de 12–15 h la temperatura camerei. Urmele de solvent de pe utilajul respectiv se îndepărtează încălzindu-se suprafața exterioară a acestuia la temperaturi de 140–150°C.

Pelicula de viniplast acoperită cu clei și uscată, se așază pe suprafața utilajului acoperită și ea cu clei și apoi se apasă cu role cilindrice pînă la răcirea metalului.

Marginile se îmbină prin suprapunere sau cap la cap.

Dacă grosimea folilor de viniplast este mai mare de 3 mm se utilizează același sistem amintit la căptușirea cu table de plumb, fiind utilizate pentru prindere șuruburi cu cap semisferic crestat așezate la intervale de 600–800 mm.

Crestătura din capetele semisferice ale șuruburilor se acoperă cu ciment antiacid, apoi se aplică discuri de viniplast care se sudează de căptușeală cu vergele de viniplast.

Racordurile cu diametrul mai mic de 100 mm, se căptușesc cu o bucată de tub și un inel de viniplast care se încleiază la cald, iar cele cu diametrul mai mare decît 100 mm, se îndoaie marginile tubului de viniplast și se fixează tot prin încleiere la cald.

Pot fi utilizate și alte materiale plastice pentru protecția utilajelor din industria chimică și de rafinării. Astfel *poliizobutilena* în proporție de 1 : 1 : 1 cu negrul de fum și grafitul, este prelucrată și se utilizează sub formă de tuburi sau foi.

Suprafețele pe care se aplică, sînt prelucrate la fel ca și în cazul acoperirii cu cauciuc, apoi sînt acoperite cu *clei de termopren* în trei straturi succesive, lăsîndu-se două pînă la trei ore pentru uscarea fiecărui strat.

Foile de poliizobutilenă se spală cu săpun, pentru îndepărtarea talcului cu care sînt presărate și apoi croite fiind, se acoperă cu un singur strat de

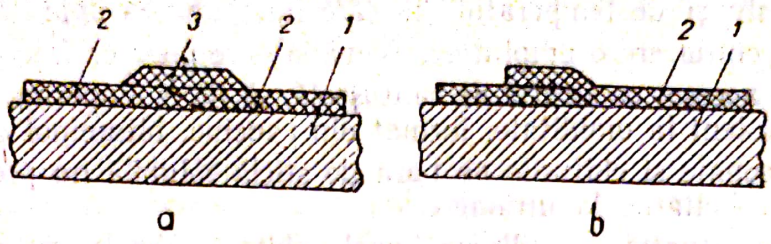


Fig. 347. Îmbinarea foilor de poliizobutilenă:
a — prin suprapunere cu teșitură și bandă de acoperire; *b* — prin suprapunere dreaptă; *1* — perete metalic; *2* — foaie de pollizobutilenă; *3* — foaie de acoperire a îmbinării.

clei de termopren. După 10 pînă la 30 min, foile sînt aplicate pe suprafața metalică și apoi apăsate cu role ca și la cauciucare.

Modul de îmbinare al foilor poate fi:

– prin suprapunere cu teșitură și bandă de acoperire (fig. 347, *a*);

– prin suprapunere dreaptă (fig. 347, *b*);

– prin încălzirea fețelor care se suprapun și care au fost în prealabil acoperite cu clei și apăsarea cu rola.

Racordurile se căptușesc ca și în cazul cauciucării, însă flanșele nu pot fi acoperite numai cu poliizobutilenă, pentru că aceasta nu rezistă la apăsare, presîndu-se pînă la grosimea de 1 mm. În acest caz, flanșele se acoperă cu un inel de viniplast, peste care se sudează foaia de poliizobutilenă.

Verificarea calității acoperirii precum și prescripțiile privind exploatarea sînt asemănătoare cu cele de la acoperirile cu cauciuc.

G. ALTE MIJLOACE DE PROTECȚIE ANTICOROSIVĂ

Pentru protecția împotriva coroziunii utilajelor, pot fi utilizate de asemenea piese fasonate (blocuri, plăci, cărămizi), folosind un liant (chit, mastic) adecvat.

Materialele din care sînt executate piesele fasonate sînt fie *rocile naturale* (granitul, andezitul, bestaunitul etc.), *rocile topite* (diabazul) fie *sticla de cuarț*, *sticla de bor*, *gresia ceramică* și *porțelanul*.

Chiturile utilizate pentru lipirea pieselor fasonate, au la bază *sticla solubilă*, *sulful* și *litarga* cu *glicerina* în combinație cu o umplutură fin divizată și un accelerator de priză (în primul caz) sau un plastifiant (în cel de-al doilea caz).

Scanned with OKEN Scanner

Alegerea tipului de căptușeală utilizat, este în funcție de agresivitatea mediului corosiv și de temperatura la care funcționează aparatul.

De obicei chitul are o umplutură asemănătoare pieselor fasonate utilizate.

Dacă este necesar ca stratul de căptușeală, să fie și impermeabil, se așază pe un pat rezistent la umiditate, format din cauciuc, bituminol etc.

Piesele fasonate și chiturile pe bază de sticlă solubilă nu preiau decît în mică măsură solicitările la întindere.

În această situație se utilizează unele chituri care la întărire se umflă sau se execută căptușeala la o temperatură puțin superioară celei de exploatare, astfel încît mantaua care are un coeficient de dilatare mult mai mare decît căptușeala să se strîngă peste aceasta la temperatura de exploatare. Pentru montarea pieseior fasonate, acestea se curăță în prealabil și apoi suprafața pregătită pentru căptușire se acoperă cu un strat de chit cu grosimea de 6—7 mm, care se lasă să se usuce un timp bine determinat, în funcție de natura chitului, după care se trece la căptușirea cu plăci, cărămizi sau blocuri, lăsîndu-se rosturi de 1—2 mm care se umplu cu același chit.

Suprafața piesei fasonate care aderă, precum și muchiile ei, se înmoaie în sticlă solubilă și în chit înainte de presare. Plăcile trebuie așezate astfel încît rosturile să nu se suprapună. După căptușire urmează uscarea finală la temperaturi de 25—40°C timp de 3 zile.

La folosirea chitului pe bază de sulf, piesele fasonate se așază astfel încît să se formeze rosturi verticale.

Dacă se utilizează chituri cu sticlă solubilă, este bine ca rosturile să fie umezite de trei sau patru ori pe zi, cu o soluție de acid sulfuric cu trei zile înainte de darea în exploatare a utilajului. În cazul în care vasul va fi folosit pentru acizi concentrați, tratamentul nu mai este necesar.

La utilizarea chitului de litargă cu glicerină se procedează ca și la chitul pe bază de sticlă solubilă.

În exploatarea precum și la repararea utilajelor protejate cu materiale anticorosive nemetalice, se va evita izbirea căptușelii cu corpuri dure, care pot provoca deteriorări.

Alte mijloace de a feri construcțiile metalice de efectele coroziunii sînt: *chituirea* și *vopsirea* lor cu vopsea de miniu de plumb și ulei de in dublu fiert sau vopsirea cu vopsele speciale anticorosive.

Înainte de aplicarea stratului protector, suprafețele de protejat trebuie să fie libere de orice urmă de murdărie, praf, grăsimi, rugină, vopsea degradată și totodată să fie perfect uscate.

Procedeul folosit pentru curățarea și pregătirea suprafețelor metalice, este diferit după natura și gradul de murdărie însă același ca și la alte tipuri de protecție amintite mai sus. După curățare imediat, cînd suprafețele sînt încă calde se face vopsirea utilajului cu primul strat de miniu de plumb (grunduire). Spațiile mici rămase deschise se acoperă cu chit, care poate fi format dintr-un lac pe bază de rășină alchidică, cu umplutură de cretă, barită, microaz-

best. După montarea utilajelor se face o nouă curățare și se aplică un al doilea strat de miniu de plumb și ulei de in fiert.

După uscarea completă a acestuia, se dau două sau trei straturi de vopsea de ulei de in fiert și ulei de in polimerizat, preparată cu un pigment de o culoare oarecare.

În mod curent vopsirea se face cu pensula, dar se folosesc și metodele mai noi de aplicare a vopselei prin pulverizare.

În afară de folosirea vopselei propriu-zise, metalele și aliajele lor se pot acoperi, în general, cu lacuri pe bază de rășini alchidice, cu uscare la aer sau cuptor (în cazul pieselor mai mici), iar oțelul și fonta cu lacuri de rășini de polimerizare și lacuri asfaltobituminoase. Cînd piesele lucrează într-un mediu umed se dă mai întîi cu grund reactiv sau pe bază de superminiu, apoi cu un lac mai consistent, iar rășina se modifică cu melamină.

Aparatajul care lucrează în contact cu produse petroliere albe este protejat cu lacuri pe bază de rășini epoxo-aminice, melamină etc., iar piesele care lucrează în uleiuri minerale se acoperă cu lacuri pe bază de rășini alchidice, nitrocombinate etc.

În general, pentru alegerea lacului corespunzător condițiilor de exploatare se cercetează literatura de specialitate.

După efectuarea operațiilor de pregătire a suprafețelor de grunduire și chituire cu substanțe speciale, urmează *lăcuirea* prin pulverizare cu pistonul a lacului pregătit corespunzător. Acoperirea se face prin aplicarea a 4—10 straturi de lac și email, avînd grijă ca fiecare strat să se usuce corespunzător.

Verificarea acoperirilor cu lac se fac desprizîndu-se o peliculă de probă, de pe o placă de sticlă, cu o lamă foarte ascuțită pentru a se constata *flexibilitatea* acestuia. Se mai verifică *aderența* lacului și *prezența porilor*.

În timpul transportului, manevrării și montării utilajelor, se va evita producerea de izbituri, care pot produce distrugerea peliculei de lac și nu se vor încălzi cu flacără.

H. NORME TEHNICE DE PROTECȚIA MUNCII

Avînd în vedere caracterul corosiv și toxic al substanțelor folosite în atelierele de galvanizare, hala trebuie să aibă :

– pardoseala rezistentă la acizi, alcalii, apă, să aibă pantă suficient de mare, să fie bine izolată pentru a nu se îmbiba cu substanțe toxice ;

– canalizarea trebuie făcută din substanțe rezistente la acizi și alcalii ;

– hala trebuie perfect luminată.

În cazul vopsitoriei, substanțele inflamabile trebuie păstrate numai în magazia de pregătire a vopselelor. Fumatul și orice fel de flacără sînt interzise în afara locului special amenajat pentru fumat. Va fi evitată producerea de scîntei.

Scanned with OKEN Scanner

Incendiile pot apărea din raze solare puternice, descompuneri sau oxidări, fenomene electrostatice și mai ales neglijență în exploatare.

Vor exista la îndemînă, extinctoare cu CO_2 iar în cazul substanțelor petroliere, spumă și gaze inerte.

Muncitorii vor fi echipați cu îmbrăcăminte rezistentă la agenți chimici și vor avea măști filtrante și izolante (în special pistolarii). Se recomandă folosirea alifiilor de protecție împotriva vopselelor și solvenților toxici. Acestea au la bază talcul, amidonul și glicerina. În încăperile unde se aplică vopselele sau lacurile, este necesar să existe o bună ventilație. Același lucru este indicat pentru atelierele de galvanizare, care trebuie prevăzute cu nișe pentru reducerea degajărilor de substanțe nocive. Apele de spălare care se scurg din nișe și din instalația de spălare a gazelor din aer, trebuie neutralizate pentru a nu coroda rețeaua de canalizare sau pentru a nu infecta rîurile în care se varsă.

Bolilor profesionale, care au în atelierele de acoperiri anticorosive un caracter mult mai pronunțat și mai complex decît în alte locuri de muncă, trebuie să li se dea mai multă atenție, neglijarea lor ducînd la intoxicații cronice sau acute.

Întrebări recapitulative

1. De cîte feluri poate fi coroziunea ?
2. Care sînt factorii care influențează coroziunea ?
3. În ce constă protecția prin căptușire ? Care sînt avantajele plumbuinii ?
4. Cum se realizează protecția prin cauciucare ?
5. Care sînt cele mai utilizate materiale plastice, pentru realizarea acoperirilor împotriva coroziunii ? Descrieți modul de lucru.
6. Ce materiale și cum se folosesc la căptușirile cu piese fasonate ?
7. Ce alte metode sînt folosite în scopul protecției anticorozive ?

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul XIX NORME DE PAZĂ CONTRA INCENDIILOR

În instalaţiile din industria chimică şi rafinării, sînt folosite o serie de substanţe necesare în caz de incendiu, în scopul combaterii acestuia. Dintre acestea de mare importanţă sînt : substanţele spumigene, gazele sau lichidele volatile stingătoare şi apa lichidă sau sub formă de abur.

Tipul instalaţiilor de stins incendiul depinde de natura obiectivului (sistemul de stingere folosit, mijlocul de acţionare). Obiectivele pot fi instalaţii în clădiri, instalaţii în aer liber, depozite etc.

După sistemul de stingere folosit instalaţiile pot fi :

— fixe (stabile) la care toate conductele, aparatele şi utilajele necesare stingerii sînt complet montate ;

— semifixe (semistabile) la care numai conductele sînt montate la obiectivele de stins, iar restul aparatelor şi utilajelor sînt aduse la ivirea incendiului ;

— mobile, unde aparatele sînt aduse în întregime la izbucnirea incendiului.

Aceste instalaţii pot funcţiona manual sau automat.

Instalaţiile fixe pentru stins incendiul cu apă sînt : sursa de alimentare cu apă pentru incendiu, rezervoarele de acumulare a apei de incendiu şi reţelele de apă.

Sursa de apă pentru stingerea incendiului în întreprinderi este *hidrantul de incendiu*. Hidranţii de incendiu sînt standardizaţi şi pot fi de mai multe categorii.

Rezervoarele de acumulare a apei de incendiu sînt situate acolo unde reţeaua de alimentare cu apă are un debit mic care nu ar fi suficient pentru stingerea unui incendiu de proporţii mari.

Apa pentru stins incendiul poate proveni din reţeaua de alimentare cu apă potabilă sau cea de apă industrială. Instalaţia specială de stins incendii cu *sprinclere* este o reţea de conducte verticale, din care se ramifică conducte orizontale. Se alimentează de la reţea. Funcţionează pe baza faptului că sprinclerul este un dispozitiv de reţinere a apei, zăvorît, cu o garnitură cu trei plăcuţe, legate printr-un aliaj uşor fuzibil ; în cazul izbucnirii unui incendiu, se produce căldură, care topeşte aliajul fuzibil şi lasă apa din conductă să se reverse.

Stingerea cu gaze înăbuşitoare se bazează pe principiul întreruperii arderii, prin izolarea oxigenului din aer de substanţele inflamabile.

Scanned with OKEN Scanner

Cel mai utilizat gaz, este CO_2 care la o concentrație de 36 sau 38% din cubajul încăperii, înăbușă arderea. Această metodă se utilizează numai pentru încăperi.

Buteliile conținînd bioxid de carbon comprimat la 32 kgf/cm,^{2} sînt montate cu brățări în puncte fixe și sînt racordate la o conductă, avînd la un capăt un furtun rezistent de mare presiune și înfășurat pe un tambur și la celălalt capăt, difuzorul producător de ceață carbonică.

Stingerea cu spumă înăbușitoare are același efect ca stingerea cu gaze înăbușitoare. Spuma este un amestec chimic fluid, izolînd în masa sa bule de gaze inerte și este mai ușoară la lichidul inflamabil. Se produce pe cale chimică sau mecanică.

Pe cale chimică, spuma rezultă din reacția dintre sulfatul de aluminiu, bicarbonatul de sodiu și o substanță stabilizatoare (glucoza). Din reacție rezultă bioxidul de carbon, care dă spumei un volum mare. Reacția producîndu-se într-un recipient din cauza creșterii de volum și de presiune a bioxidului de carbon, spuma țîșnește afară cu putere și poate fi îndreptată astfel asupra focului.

Aparatul de primă intervenție în cazul unui incendiu, este *stingătorul* numit și *extinctor*. El poate fi portativ sau fix. Reacția se obține prin răsturnarea stingătorului, ceea ce provoacă contractul între substanțele sus-menționate care se află în recipient într-o butelie deschisă la un capăt.

Deoarece capacitatea stingătorului este redusă, nu poate fi folosit decît pentru stingerea incendiilor de mici proporții.

Pentru incendii mari, se folosesc generatoare de spumă, montate pe cărucioare și autovehicule.

În marile unități se află instalațiile fixe de stingere cu spumă înăbușitoare. În acest caz cele două substanțe se depozitează în rezervoare separate, de unde se pompează într-o coloană de spumare, care este un tub larg și în care substanțele se amestecă producîndu-se spumă.

Spuma obținută pe cale mecanică este rezultatul amestecului cu apă și aer a unei substanțe generatoare, cunoscută sub numele de *spumogen* sau *tutogen*. Astfel de substanțe se prepară din acizi sulfonici de petrol și alte substanțe.

Spuma mecanică este avantajoasă față de cea chimică, deoarece nu e corosivă, este ieftină și eficace.

Instalațiile de stingere cu abur folosesc atît abur saturat cît și supraîncălzit. El este produs de centrala de abur care alimentează întreprinderea și este dirijat prin țevi găurite la locurile respective. Comanda se face de la un distribuitor amplasat la minimum 10 m în afara instalației.

Concentrația aburului necesar înăbușirii incendiului este de 35%.

Conductele de abur perforate se montează la circa 0,2 sau 0,3 m de pardoseală, jeturile avînd direcție orizontală. Presiunea aburului este de minim 3 kgf/cm^2.

Instalațiile semifixe au distribuitoare și conducte de legătură, lipsind partea de generare a agentului. Conductele de legătură se termină la dis-

tanțe între 2 și 4 m de obiectiv și dau posibilitatea cuplării generatoarelor mobile.

Aceste instalații se utilizează la echiparea obiectivelor mai puțin amenințate de incendiu. Ele se construiesc pentru spumă chimică sau aeromecanică sau pentru apa pulverizată.

Instalațiile de abur sînt alcătuite din furtunuri cu mînere izolate și amplasate la punctele periculoase.

Instalațiile mobile sînt de capacități diferite pentru spumă, gaze sau apă.

Generatoarele de spumă se construiesc sub formă de extinctoare manuale pe roți sau remorci. Ele își creează singure presiunea necesară așa cum s-a arătat mai sus (în cazul instalațiilor fixe). În cazuri speciale (spumă aero-mecanică) aceste instalații se racordează la sursele de apă de pe teren, lungimea etului de spumă fiind funcție de presiunea apei.

Pentru ridicarea presiunii apei, se utilizează autopompe mobile montate pe șasiuri separate sau motopompe puternice montate pe autocisterne de incendiu.

Problema protecției contra incendiilor în întreprinderile chimice și în rafinării are deosebită importanță, ținîndu-se seama de faptul că construcțiile și instalațiile, precum și conținutul lor constituie valori materiale imense.

Prevenirea incendiilor se realizează prin :

— organizarea prevenirii incendiilor ;

— îndepărtarea surselor primare și secundare de aprindere ;

— eliminarea materialelor combustibile din spațiul periculos ;

— utilarea cu aparate și instalații specifice combaterii incendiului.

Utilajele din rafinării sau industria chimică sînt echipate cu mijloace fixe sau semifixe de combatere a incendiilor după cum urmează :

— *cuptoarele* sînt prevăzute cu instalații fixe de abur în camerele de radiație, convecție, canale de fum și cutiile coturilor de întoarcere. De asemenea există furtunuri de abur dispuse în jurul cuptorului pe suporturi ;

— *coloanele* au instalații de abur pentru necesități tehnologice care folosesc și în caz de incendiu. Pentru fiecare platformă sau podeț se prevăd furtunuri de abur ;

— *schimbătoarele de căldură* au instalații fixe de abur cu comanda la 5 m de baterie și hidranți ;

— *casele de pompe* sînt prevăzute cu instalații fixe de abur, cu comandă din exteriorul casei de pompe ;

— *rezervoarele* au prevăzute instalații fixe sau semifixe de spumă chimică sau aero-mecanică. În jur au hidranți care le protejează în caz de incendiu ;

— *rampele de încărcare-descărcare* au instalații fixe sau semifixe de apă pulverizată și spumă. Mai sînt dotate cu hidranți și furtunuri de abur ;

— *separatoarele-decantoarele* au instalații semifixe de spumă aeromecanică sau apă pulverizată.

Scanned with OKEN Scanner

Instalațiile de combatere a incendiilor sînt deosebit de importante și trebuie verificate funcțional la perioade scurte de timp. Conductele de spumă, abur sau apă trebuie scurse și spălate după întrebuințare, iar periodic verificate din punct de vedere al funcționării și al presiunii.

Toate utilajele necesare combaterii incendiilor sînt menținute în perfectă stare de funcționare și verificare la intervale date. Rețeaua de apă se menține tot timpul sub presiune iar agregatele de pompare se verifică des, astfel încît să poată fi puse în stare de funcționare în termenul cel mai scurt.

Scanned with OKEN Scanner

ANEXA II

Masa teoretică a fundurilor de oțel cu D<600 mm

Fonduri elipsoidale		Grosimea nominală a peretelui s (mm)									
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		Înălțimea minimă a părții cilindrice									
D_e	h_e	25						40			
		Masa teoretică (kg) informativ									
159	40	1,15	1,42	1,69	1,94	2,19	2,42	3,23	3,52	3,81	—
219	55	2,03	2,50	2,98	3,43	3,89	4,32	5,51	6,02	6,48	—
273	68	3,02	3,73	4,45	5,13	5,83	6,49	8,08	8,84	9,54	—
324	81	4,16	5,15	6,16	7,11	8,09	9,01	11,03	12,08	13,06	—
377	94	5,49	6,81	8,14	9,41	10,71	11,95	14,44	15,82	17,13	19,72
426	106	6,98	8,66	10,35	11,99	13,65	15,24	18,24	20,00	21,66	24,98
480	119	8,73	10,84	12,96	15,02	17,11	19,12	22,72	24,90	27,00	31,18
530	132	10,51	13,06	15,63	18,12	20,65	23,08	27,26	29,90	32,44	37,48

Scanned with OKEN Scanner

ANEXA IV

Capacitatea fundurilor cu D_e <600 mm

Funduri elipsoidale		Grosimea nominală a peretelui s									
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	14
		Înălțimea minimă a părții cilindrice									
		25						40			
D_e	h_e	Capacitate (dm³)									
159	40	0,898	0,866	0,839	0,821	0,782	0,755	0,955	0,925	0,892	
219	55	2,099	2,050	2,000	1,948	1,903	1,862	2,272	2,319	2,158	
273	68	3,802	3,736	3,657	3,585	3,512	3,441	4,154	4,042	3,963	
324	81	6,106	6,021	5,914	5,840	5,735	5,625	6,636	6,494	6,394	
377	94	9,220	9,072	8,945	8,821	8,721	8,624	9,945	9,780	9,656	9,357
426	106	12,990	21,820	12,654	12,486	12,322	12,168	13,396	13,760	13,579	13,228
480	118	18,139	17,927	17,717	17,508	17,301	17,105	19,389	19,164	18,944	18,504
530	132	23,969	23,716	23,461	23,211	22,963	22,720	25,536	25,269	25,002	24,476

Scanned with OKEN Scanner

ANEXA V

Capacitatea fundurilor cu $D_i \geqslant 600$ mm

Funduri elipsoidale		Capacitatea (dm³)			
		h_i			
D_e	h_i	25	40	50	60
600	150	35,0	39,3	42,1	45,2
700	175	54,6	60,4	64,2	68,0
800	200	79,6	87,1	92,3	97,2
900	225	110,8	120,4	126,6	133,6
1 000	250	150,6	162,4	170,2	178,0
1 100	275	197,6	212,0	221,4	231,2
1 200	300	254,2	271,2	282,5	294,0
1 300	325	321,2	341,2	354,1	367,2
1 400	350	398,5	421,5	437,1	451,5
1 500	375	486,2	572,5	530,2	547,8
1 600	400	586,2	616,5	636,5	656,8
1 700	425	698,1	731,8	755,2	779,2
1 800	450	823,3	861,5	886,5	916,0
1 900	475	969,2	1 011	1 040	1 077
2 000	500	1 126	1 173	1 205	1 263
2 200	550	1 486	1 543	1 581	1 662
2 400	600	1 918	1 990	2 036	2 081
2 600	650	2 432	2 515	2 565	2 619
2 800	700	3 015	3 108	3 169	3 243
3 000	750	3 707	3 812	3 883	3 958
3 200	800	4 460	4 580	4 680	4 772
3 400	850	5 346	5 482	5 672	5 689
3 600	900	6 334	6 485	6 588	6 718
3 800	950	7 443	7 611	7 726	7 863
4 000	1 000	8 674	8 861	8 988	9 131

Scanned with OKEN Scanner

ANEXA VI

Caracteristicile umpluturilor mai des utilizate

Tipul şi dimensiunile umpluturii	Suprafaţa specifică m^2/m^3	Volumul liber m^3/m^3	Greutatea specifică kgf/m^3
I. Umplutură aranjată ordonat			
Inele Raschig de ceramică			
50× 50× 5	110	0,74	650
80× 80× 8	80	0,72	670
100×100×10	60	0,72	670
Inele cu şicane			
75× 75	135	0,44	1 250
100×100	105	0,58	960
150×150	65	0,52	1 070
Grătare din şipci de lemn			
10×100, spaţiu 10 mm	100	0,55	210
10×100, spaţiu 20 mm	65	0,68	145
10×100, spaţiu 30 mm	48	0,77	110
Plasă metalică	160	0,95	390
II. Umplutură în grămadă			
Inele Raschig de ceramică			
10×10×1,5	440	0,70	700
15×15×2	330	0,71	700
25×25×3	200	0,74	530
35×35×4	140	0,77	530
50×50×5	90	0,79	520
Inele Raschig de oţel			
8× 8×0,3	630	0,9	750
10×10×0,5	500	0,88	900
15×15×0,5	350	0,9	660
25×25×0,8	220	0,9	640
50×50×1,0	110	0,9	430

Scanned with OKEN Scanner

ANEXA VI (continuare)

Inele Pall de ceramică			
25×25×3	220	0,74	610
35×35×4	165	0,76	540
50×50×5	120	0,78	520
60×60×6	96	0,79	520
Inele Pall de oțel			
15×15×0,4	380	0,9	525
25×25×0,6	235	0,9	490
35×35×0,8	170	0,9	455
50×50×1,0	108	0.9	415
Șei Berl de ceramică			
12,5	460	0,68	720
25	260	0,69	670
35	165	0,70	670

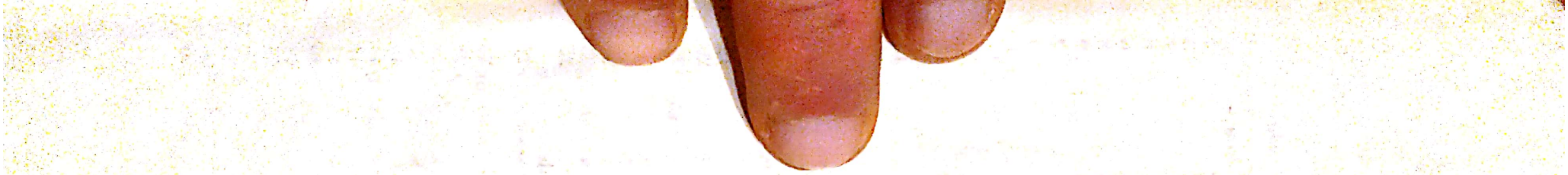
Scanned with OKEN Scanner

ANEXA VII

Conținutul de carbon și caracteristicile mecanice ale oțelurilor funcție de temperatură

Marca	C %	σ_r min kgf/m²	Limita de curgere $\sigma_{c\ min}$, kgf/cm²						Modulul de elasticitate E, kgf/cm²					
			20°C	100°C	200°C	250°C	300°C	350°C	20°C	100°C	200°C	250°C	300C°	350°C
OL 37	0,14—0,22	3 800	2 200	2 050	1 750	1 550	1 350	1 100	$2,10 \cdot 10^6$	$2,06 \cdot 10^6$	$1,96 \cdot 10^6$	$1,93 \cdot 10^6$	$1,89 \cdot 10^6$	$1,84 \cdot 10^6$
OL 42	0,18—0,27	4 200	2 400	2 150	1 900	1 690	1 470	1 220						
OLK1	0,09—0,16	3 500	2 100	1 950	1 800	1 700	1 400	1 200						
OLK2	0,14—0,22	3 800	2 400	2 250	2 100	1 900	1 600	1 400						
OLK3	0,09—0,16	3 500	2 300	2 000	1 800	1 700	1 400	1 200						
OLK4	0,12—0,20	4 100	2 600	2 300	2 100	1 900	1 600	1 400						
OLK5	0,14—0,22	4 400	2 800	2 500	2 300	2 100	1 800	1 600						
OLC10	0,07—0,14	3 500	2 100	1 900	1 700	1 550	1 400	1 250						
OLC 15	0,12—0,19	3 900	2 300	2 080	1 850	1 700	1 550	1 380						
OLC 25	0,22—0,29	4 600	2 800	2 600	2 300	2 050	1 800	1 480						
OLC 35	0,32—0,39	5 400	3 200	3 010	2 660	2 350	2 080	1 720						
OLC 40	0,37—0,44	5 800	3 400	3 220	2 840	2 500	2 230	1 850						

Scanned with OKEN Scanner



OLC 45	0,42—0,50	6 200	3 600	3 430	3 020	2 650	2 380	1 980					
OLT 35	0,09—0,15	3 500	2 300	2 100	1 900	1 700	1 500	1 300					
OLT 45	0.16—0,25	4 500	2 600	2 350	2 100	1 900	1 700	1 500					
10NC180 X18H9 V2A	⩽ 0,12 ⩽ 0,12 ⩽ 0,07	5 000	2 000	1 700	1 400	1 300	1 200	—	$2{,}0 \cdot 10^6$	$1{,}9 \cdot 10^6$	$1{,}82 \cdot 10^6$	$1{,}75 \cdot 10^6$	$1{,}72 \cdot 10^5$	$1{,}67 \cdot 10^6$
7TNC180 1X 18H9T V2A Extra	⩽ 0,08 ⩽ 0,08 ⩽ 0,10	5 500	2 500	2 000	1 700	1 650	1 600	1 550						
V4A	⩽ 0,07	5 000	2 000	1 700	1 400	1 300	1 200	—						
8TMoNC170 X18H12M2T V4A Extra	⩽ 0,10	5 500	2 500	2 100	1 900	1 850	1 800	1 750						

Scanned with OKEN Scanner

CUPRINS

Capitolul I. *Materiale și rezistențele lor admisibile în construcția utilajului din industria chimică și rafinării* 3

A. Materiale folosite în construcția utilajului. Clasificarea, caracterizarea și domeniul de utilizare ale materialelor 3
1. Generalități 3
2. Oțelul 3
3. Fonta 6
4. Metalele și aliajele neferoase 6
5. Materialele plastice 8
6. Cauciucul 9
7. Azbestul și materiale pe bază de azbest 9

B. Factorii care determină alegerea materialelor 10
1. Factorii care depind de condițiile de lucru 10
2. Factorii care depind de material 11

C. Influența temperaturii asupra comportării materialelor sub sarcină 12
1. Influența temperaturilor înalte 12
2. Influența temperaturilor scăzute (sub 0°C) 14

D. Influența mediului de lucru asupra comportării materialelor sub sarcină . . . 15
1. Coroziunea 15
2. Acțiunea diferiților agenți corosivi mai des întîlniți asupra materialelor utilizate la aparate și utilaje din industria chimică și rafinării . . 17
3. Mijloace de prevenire și combatere a coroziunii 18
4. Eroziunea 19

E. Criterii de apreciere a rezistenței materialelor lucrînd sub sarcină la diferite temperaturi 19
1. Criteriul rezistenței de scurtă durată la temperaturi ridicate 19
2. Criteriul rezistenței de lungă durată la temperaturi ridicate 20

F. Calculul rezistențelor admisibile 20
1. Rezistența admisibilă 20
2. Temperatura de calcul 22

G. Coeficienții de siguranță și slăbire 23
1. Coeficienți de siguranță 23
2. Coeficienți de slăbire ai îmbinărilor sudate 25
3. Coeficienți de transformare pentru rezistențe admisibile diferite de întindere 26

Capitolul II. *Noțiuni de montarea și recondiționarea utilajului* 28

A. Metode de asamblare 28
1. Asamblări demontabile 28
2. Asamblări nedemontabile 32

B. Pregătirea pieselor 45
C. Organizarea locului de muncă 46
D. Montarea subansamblelor 47
E. Scheme de montaj 47
F. Utilaje pentru montaj 49
1. Utilaje de ridicare 49
2. Utilaje de transportat 55

G. Recondiționarea utilajelor 55
1. Generalități 55
2. Controlul pieselor în vederea recondiționării 56
3. Metode de recondiționare 56

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul III *Conducte* 60
A. Clasificarea conductelor. Dimensiuni nominale ale conductelor 60
1. Generalități 60
2. Clasificarea conductelor 61
3. Mărimile nominale ale conductelor 62
B. Tubulatura conductelor. Țevi și tuburi 64
C. Calculul de rezistență al țevilor supuse la presiune interioară 64
1. Eforturi unitare tangențiale 65
2. Eforturi unitare axiale 67
3. Calculul grosimii țevilor 67
4. Adaosul de coroziune și adaosul tehnologic 68
5. Calculul grosimii totale a peretilor țevii 68
6. Exerciții 69
D. Îmbinările conductelor. Tipuri de îmbinări prin sudură, prin filet, prin flanșe 70
1. Îmbinări nedemontabile 71
2. Îmbinări demontabile 79
E. Calculul îmbinărilor prin flanșe 79
1. Calculul șuruburilor îmbinărilor prin flanșe 84
2. Calculul flanșelor rotunde, plate sudate 84
3. Calculul flanșelor rotunde cu gît 85
F. Îndoirea țevilor 89
H. Dilatația conductelor. Sisteme compensatoare de dilatație. Calculul compensatoarelor de dilatație 89
1. Generalități. Clasificare compensatoarelor 93
2. Sisteme de compensatoare de dilatație 95
I. Piese fasonate. Fitinguri 95
1. Generalități — Clasificare 96
2. Piese fasonate pentru montarea în linie 99
3. Coturi și curbe pentru schimbarea direcției 102
4. Ramificații simple sau duble 103
5. Dopuri, flanșe oarbe, capace pentru închidere 104
J. Armături 104
1. Generalități 105
2. Organele principale ale armăturilor 110
3. Clasificarea armăturilor 123
K. Montarea conductelor. Sisteme de rezemare, sprijinire și susținere 128
L. Proba conductelor tehnologice 129
M. Exploatarea, întreținerea, revizia și repararea conductelor 131
N. Norme tehnice de protecția muncii 134

Capitolul IV. *Principalele elemente ale aparaturii. Construcție și calcul* 134
A. Mantale cilindrice 134
1. Descriere și executare 136
2. Calculul de rezistență la presiune interioară 136
3. Calculul de rezistență la presiune exterioară 142
B. Funduri și capace. Construcție și calcul 142
1. Funduri și capace pentru aparate supuse la presiunea interioară 150
2. Calculul fundurilor supuse la presiunea exterioară 150
3. Exemple de calcul 152
C. Racorduri 154
D. Guri de vizitare 155
E. Ferestre de observație și control 156
F. Consolidarea orificiilor 156
1. Generalități, forme constructive 158
2. Calculul întăririlor orificiilor 158

Scanned with OKEN Scanner

G. Reazeme şi suporturi. Probleme de rezemare 160
1. Construcţia suporturilor pentru aparatele cilindrice orizontale 160
2. Construcţia suporturilor pentru aparatele cilindrice verticale 166
3. Suporturi laterale sau de fund pentru aparate verticale suspendate sau rezemate 168
H. Echipamentul interior şi exterior al coloanelor 168
1. Echipamentul interior al coloanelor cu umplutură 168
2. Echipamentul interior al coloanelor cu barbotare 172
3. Fundaţii şi sisteme de fixare pe fundaţii 176
4. Podeţele şi construcţiile metalice ale coloanelor 176
5. Dispozitive de ridicare 178
6. Conducte de vapori pe coloane şi sisteme de echilibrare 178
I. Supape şi discuri de siguranţă 178
1. Supape de siguranţă 179
2. Discuri de siguranţă 182

Capitolul V. *Tipuri reprezentative de aparate tip coloană* 184
A. Evaporatoare 184
1. Generalităţi 184
2. Clasificarea şi deservirea evaporatoarelor 184
B. Coloane de distilare şi rectificare 191
1. Noţiuni teoretice asupra distilării 191
2. Procedee de distilare 191
3. Coloanele de distilare şi rectificare 193
C. Camere de cocsare, reactoare şi regeneratoare 195
1. Camere de cocsare 195
2. Reactoare 196
3. Regeneratoare 198
D. Adsorbere şi absorbere 199
1. Adsorbere 199
2. Absorbere 201
E. Montarea, proba, exploatarea, revizia, întreţinerea şi repararea coloanelor . . 205
1. Montarea coloanelor 205
2. Probarea şi recepţionarea recipientelor sub presiune 210
3. Exploatarea recipientelor 215
4. Repararea aparatelor de tip coloană 216
F. Norme tehnice de protecţia muncii 217

Capitolul VI. *Aparate de schimb de căldură* 219

A. Generalităţi 219
B. Clasificarea schimbătoarelor de căldură 219
1. După configuraţia suprafeţelor de încălzire 219
2. După modul de prelucrare a dilataţiilor termice 220
3. După numărul trecerilor 220
4. După materialul de construcţie 221
C. Tipuri reprezentative de schimbătoare de căldură 222
1. Schimbătoare de căldură cu serpentină 222
2. Schimbătoare de căldură ţeavă în ţeavă 222
3. Schimbătoare de căldură tubulare 223
4. Schimbătoare de căldură executate din tablă 225
5. Schimbătoare de căldură combinate 226
D. Elemente constructive ale schimbătoarelor de căldură tubulare 227
1. Ţevile 227
2. Plăcile tubulare 228
3. Mantaua şi îmbinarea ei cu placa tubulară 230

Scanned with OKEN Scanner

4. Șicane (pereți despărțitori) 232
5. Deflectoare 234
6. Mufe cu dopuri pentru aerisire sau scurgere (golire) 234
E. Calculul schimbătoarelor de căldură tubulare 235
1. Calculul plăcilor tubulare ale schimbătoarelor de căldură tubulare rigide 235
2. Calculul grosimii plăcilor tubulare ale schimbătoarelor de căldură cu cap mobil 241
F. Proba și montarea schimbătoarelor de căldură 248
1. Probarea schimbătoarelor de căldură tubulare 248
2. Montarea schimbătoarelor de căldură tubulare 250
G. Exploatarea, întreținerea, repararea și curățarea schimbătoarelor de căldură 252

Capitolul VII *Cuptoare* 259

A. Generalități 259
B. Clasificare 259
C. Cuptoare tubulare 260
1. Generalități 260
2. Clasificarea cuptoarelor tubulare 260
3. Carcasa metalică a cuptoarelor tubulare 261
4. Echipamentul și armăturile cuptoarelor tubulare 263
5. Zidăria refractară și termoizolarea cuptoarelor tubulare 270
6. Tipuri reprezentative de cuptoare tubulare 276
D. Cuptoare rotative 279
E. Alte tipuri de cuptoare 279
F. Montarea echipamentului cuptoarelor tubulare 281
G. Montarea armăturilor și a instalației pentru combustibili 283
H. Probarea, punerea în funcțiune, exploatarea, întreținerea, revizia și repararea cuptoarelor tubulare 285
I. Măsuri de tehnică a securității muncii în construcția și dotarea cuptoarelor tubulare 288

Capitolul VIII. *Izolarea termică a utilajelor* 290

A. Materiale termoizolatoare 290
B. Tipuri constructive și structuri termoizolatoare 291
C. Tehnica izolării termice a utilajelor 294
D. Norme tehnice de protecția muncii 295

Capitolul IX. *Pompe* 297

A. Generalități. Clasificare 297
1. Generalități 297
2. Clasificarea pompelor și a dispozitivelor de pompare 297
B. Pompe cu piston. Construcție și calcul 298
1. Principiul constructiv și de funcționare al pompei cu piston 298
2. Caracteristicile pompelor cu piston 299
3. Tipurile caracteristice de pompe cu piston 302
4. Tipuri de pompe cu piston utilizate în industria chimică și în rafinării 304
C. Pompe centrifuge. Construcție și calcul 305
1. Principiul constructiv și de funcționare al pompei centrifuge 305
2. Caracteristicile pompelor centrifuge 307
3. Tipuri de pompe centrifuge 308
D. Pompe rotative 310
E. Dispozitive de pompare fără elemente mobile 312
F. Echipamentul pompelor 315
1. Echipamentul pompelor cu piston 315
2. Echipamentul pompelor centrifuge 322

Scanned with OKEN Scanner

G. Acționarea pompelor 325
1. Antrenarea pompelor cu piston 325
2. Antrenarea pompelor centrifuge 325
H. Montarea, proba, exploatarea, revizia și repararea pompelor 327
1. Montarea pompelor 327
2. Proba sau încercarea pompelor 329
3. Exploatarea și întreținerea pompelor 330
4. Revizia și repararea pompelor 332
I. Norme tehnice de protecția muncii 337
1. Măsuri de protecție la piesele aflate în mișcare 337
2. Măsuri de protecție a părților aflate sub presiune 337
3. Măsuri de protecție la părțile pompei aflate la temperaturi ridicate . . 338
4. Măsuri de protecție în cazul pompării lichidelor nocive 338
5. Măsuri de protecție la părțile aflate sub tensiune 338
6. Norme generale de tehnică a securității muncii 339

Capitolul X. *Compresoare* 342

A. Generalități. Clasificare 342
1. Generalități 342
2. Clasificarea compresoarelor 342
B. Compresoare cu piston 343
1. Principiul de funcționare 343
2. Debitul compresoarelor cu piston 344
3. Puterea și randamentul 345
4. Principiul de funcționare al compresoarelor cu mai multe trepte . . 347
5. Tipuri de compresoare cu piston 348
C. Compresoare rotative 350
1. Compresoare rotative cu palete 350
2. Suflanta (compresorul) cu pistoane rotative 351
D. Compresoare centrifuge 352
1. Principiu de funcționare 352
2. Puterea compresoarelor centrifuge 353
3. Turbocompresoare 353
4. Turbosuflante 353
5. Ventilatoare 354
E. Pompe de vid 357
F. Echipamentul compresoarelor 360
1. Organele compresoarelor cu piston 360
2. Organele compresoarelor rotative 366
3. Organele compresoarelor centrifuge 367
G. Ungerea compresoarelor 367
1. Ungerea compresoarelor cu piston 368
2. Ungerea compresoarelor rotative și centrifuge 369
H. Răcirea compresoarelor 369
I. Montarea, proba, pornirea, exploatarea, întreținerea, revizia și repararea compresoarelor 370
1. Montarea compresoarelor 370
2. Proba sau încercarea pompelor cu piston 373
3. Pornirea compresoarelor 374
4. Exploatarea și întreținerea compresoarelor. Supravegherea funcționării compresoarelor cu piston 375
5. Revizia și repararea compresoarelor 377
J. Normele tehnice de protecția muncii 379
Capitolul XI. *Agitatoare și amestecătoare* 382
A. Generalități și clasificare 382
B. Construcția și calculul agitatoarelor și amestecătoarelor 383

Scanned with OKEN Scanner

C. Montarea, exploatarea, întreținerea, revizia și repararea utilajelor pentru amestecare 394

Capitolul XII. *Filtre* 398
A. Generalități 398
B. Clasificare și construcție 399
C. Întreținerea, revizia și repararea filtrelor 413

Capitolul XIII. *Centrifuge și supercentrifuge* 415
A. Generalități și calcul 415
B. Clasificarea centrifugelor 417
C. Construcția și exploatarea centrifugelor 417
1. Centrifuge cu funcționare discontinuă 417
2. Centrifuge cu funcționare continuă 420
3. Supercentrifuge 421
D. Întreținerea, repararea și revizia centrifugelor 424

Capitolul XIV. *Cristalizatoare* 426
A. Generalități 426
B. Clasificare, construcție și calcul 427
C. Întreținerea, revizia și reparațiile cristalizatoarelor 433
D. Norme de tehnica securității muncii 433

Capitolul XV. *Autoclave* 435
A. Generalități 435
B. Clasificare 435
C. Construcție și calcul 436
D. Autoclave care lucrează sub presiune 437
E. Autoclave care lucrează alternativ la presiune și sub vid 440
F. Montarea, exploatarea, întreținerea, revizia și repararea autoclavelor 441

Capitolul XVI. *Rezervoare și gazometre* 443
A. Generalități 443
B. Clasificare 443
C. Tipuri de rezervoare, construcție și calcul 443
1. Rezervoare cilindrice verticale cu fundul plat 443
2. Rezervoare cilindrice verticale cu fundul curb 451
3. Rezervoare de forme specifice 454
4. Rezervoare cilindrice orizontale 456
D. Parcuri de rezervoare 457
E. Metode pentru reducerea pierderilor prin evaporare 459
1. Factorii care influențează pierderile prin evaporare 459
2. Metode pentru reducerea pierderilor prin evaporare 460
F. Gazometre. Construcție și calcul 464
G. Montarea, proba, curățirea, revizia și repararea rezervoarelor și gazometrelor 466
1. Montarea obișnuită a rezervoarelor cilindrice verticale 466
2. Montarea rezervoarelor rulante 470
3. Montarea rezervoarelor speciale 472
4. Montarea rezervoarelor orizontale 473
5. Montarea gazometrelor 476
6. Probarea rezervoarelor 476
7. Curățarea rezervoarelor 478
8. Repararea rezervoarelor și gazometrelor 479
H. Norme tehnice de protecția muncii 479

Capitolul XVII *Instalații anexe* 481
A. Generalități 481
B. Rețele de alimentare cu apă, abur, aer, lumină și forță. Construcție și calcul 481

1. Alimentarea cu apă 481
2. Alimentarea cu abur 483
3. Instalații de aer comprimat 484
4. Instalații de lumină și forță 485
C. Instalații pentru producerea frigului. Construcție și calcul 487
1. Principiile producerii frigului 487
2. Instalațiile frigorifice 488
3. Exploatarea și repararea instalațiilor pentru producerea frigului . . 491
4. Norme de tehnica securității muncii 492
D. Instalații de golire rapidă. Construcție și calcul 493
E. Stații de pompare. Construcție și calcul 496
F. Turnuri de răcire. Construcție și calcul 497
G. Bazine pentru captare și decantare. Construcție. Utilizare 499
H. Rețele de hidranți. Construcție 501
I. Norme tehnice de protecția muncii 502

Capitolul XVIII. *Protecția anticorosivă a utilajelor* 504
A. Generalități 504
B. Protecția prin căptușire 506
C. Protecția prin cauciucare 508
D. Protecția prin metalizare (pulverizare) 511
E. Protecția prin acoperiri galvanice 511
F. Protecția prin acoperiri cu materiale plastice 513
G. Alte mijloace de protecție anticorosivă 515
H. Norme tehnice de protecția muncii 517

Capitolul XIX *Norme de pază contra incendiilor* 519

Coli de tipar: 33,500
Planșe: 4

I. P. „Oltenia" Craiova
Str. Mihai Viteazul nr. 4
Republica Socialistă România
Comanda 25/4414